ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1911 г. ТОМЪ 12. № 5.

Возрастъ и температура звѣздъ.

Шарля Нордманна[1].

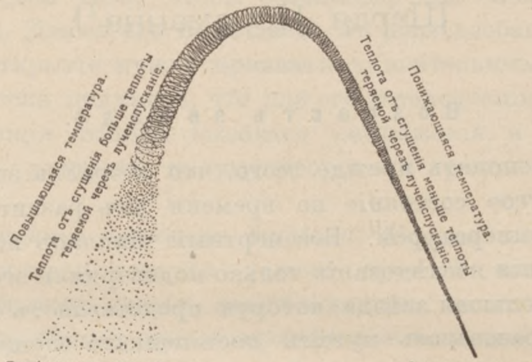
Возрастъ звѣздъ.

Легко понять прежде всего, что возрастъ звѣздъ, т. е. то или другое состояніе во времени ихъ развитія, связанъ съ ихъ температурой. Безсмертный Лапласъ показалъ,—и всѣ новѣйшія изслѣдованія только подтвердили его взгляды,—что та небольшая звѣзда, которую представляетъ собою наше солнце, образовалась путемъ постепеннаго сгущенія огромной туманности, состоявшей изъ весьма разрѣженнаго газа и простиравшейся въ началѣ за предѣлы орбиты Нептуна. Мы можемъ наблюдать на небѣ довольно много туманностей, въ которыхъ процессъ сгущенія достигъ различныхъ степеней; уже этого было-бы достаточно для доказательства того положенія, что возрастъ различныхъ звѣздъ весьма различенъ. Кромѣ того, мы знаемъ, что температура газа туманностей очень низка, а великій Гельмгольтцъ показалъ, что если масса газа, составляющаго туманность, сгущается, то вмѣстѣ съ тѣмъ она постепенно нагрѣвается единственно отъ дѣйствія паденія матеріи къ своему центру. Однако, нагрѣваніе это идетъ только до извѣстнаго предѣла, и когда газовая масса становится до такой степени малой и плотной, что газы уже не могутъ въ ней легко перемѣщаться, то теплота, пріобрѣтенная вслѣдствіе сгущенія, оказывается, какъ это видно изъ вычисленій, меньше теплоты, потерянной вслѣдствіе лучеиспусканія въ пространство, и тогда образовавшаяся звѣзда постепенно охлаждается. Изъ этого слѣдуетъ, что съ первыхъ моментовъ образованія какой-нибудь звѣзды ея температура постепенно повышается, достигаетъ максимума, затѣмъ падаетъ, и дѣло кончается

[1]) L'Illustration, 1910.

охлажденіемъ и даже полнымъ угасаніемъ, примѣромъ чего могутъ служить темные спутники нѣкоторыхъ звѣздъ.

Но мы знаемъ, что Солнце—звѣзда болѣе плотная, чѣмъ Сиріусъ, т. е. болѣе ушедшая впередъ въ своемъ развитіи. Чтобы указать въ приведенной схемѣ (фиг. 1),



Результатъ постепенно увеличивающагося сгущенія туманности.

Фиг. 1.

символизирующей различныя фазы жизни звѣзды, точное мѣсто, занимаемое въ ней—Солнцемъ, достаточно посмотрѣть, будетъ-ли температура Сиріуса выше или ниже температуры Солнца. Въ первомъ случаѣ станетъ очевиднымъ, что наше Солнце есть звѣзда, идущая къ упадку и приближающаяся къ полному своему охлажденію. Во второмъ случаѣ оно, напротивъ, оказалось бы сравнительно молодымъ звѣзднымъ тѣломъ, которому предназначено съ теченіемъ вѣковъ стать еще болѣе горячимъ, чѣмъ оно есть теперь.

Этотъ важный вопросъ, тѣсно связанный съ собственнымъ будущимъ нашей Земли, можетъ быть рѣшенъ, какъ мы увидимъ ниже, слѣдующимъ образомъ.

Теплота Солнца.

Обыкновенные термометры могутъ показывать температуру только такихъ тѣлъ, которыя приводятся съ ними въ соприкосновеніе. Подобными термометрами нельзя, значитъ, пользоваться, когда дѣло касается Солнца, такъ какъ оно

находится на разстоянiи 149 миллiоновъ километровъ отъ Земли. Вслѣдствiе этого пришлось изыскать иной методъ. Пирометрiя [1]), или методы измѣренiя высокихъ темперетуръ недоступныхъ предметовъ, была создана въ тотъ день,—если мнѣ будетъ позволено это вольное сравненiе,—когда кузнецу въ первый разъ пришла въ голову мысль поднести къ своей щекѣ нагрѣтое желѣзо, температуру котораго онъ хотѣлъ опредѣлить. Температура Солнца была измѣрена въ сущности подобнымъ же въ принципѣ способомъ, хотя примѣненiе этого способа было и не такъ просто.

При помощи спецiальныхъ приборовъ, называемыхъ актинометрами, было установлено, что количество излучаемой теплоты, которое получаетъ каждый квадратный метръ Земли отъ Солнца, находящагося въ зенитѣ, равно приблизительно 20.000 большихъ калорiй въ минуту. Напомню, что большою калорiей называется количество теплоты, необходимое для повышенiя на одинъ градусъ температуры одного килограмма воды. Слѣдовательно, если-бы Земля была окружена слоемъ воды въ 20 см. толщиною, находящимся на границахъ нашей атмосферы и способнымъ задержать всю посылаемую Солнцемъ теплоту, то весь этотъ слой въ одну минуту перешелъ бы отъ температуры льда къ температурѣ кипящей воды. Принимая же во вниманiе разстоянiе отъ Солнца, мы можемъ вычислить, что общее количество посылаемой имъ ежегодно въ пространство теплоты равно огромному числу, приблизительно въ три дециллiона большихъ калорiй. Это—число съ 33-мя нулями!

Изъ этихъ данныхъ въ концѣ-концовъ легко было прiйти къ тому выводу, что температура поверхности Солнца заключается между 5.000° и 6.000°. Напомнимъ при этомъ, что высшая температура, какую можно получить на Землѣ, именно температура положительнаго полюса электрической дуги, не превышаетъ 3.500 градусовъ. Но для того, чтобы всякая жизнь вообще стала невозможной, достаточно температуры меньшей, чѣмъ 200°. Изъ этого видно, какъ сильно измѣнились наши представленiя о Солнцѣ со временъ Гершеля и Араго. Первый думалъ, что на Солнцѣ есть жизнь; второй допускалъ, что она на немъ возможна.

---

[1]) См. Физическое Обозрѣнiе 1909 г., стр. 169.

Звѣздный термометръ.

Къ несчастью, этотъ способъ измѣреній непримѣнимъ къ звѣздамъ. Если-бы Солнце было перенесено на такое разстояніе, на какомъ находится ближайшая къ намъ звѣзда, то посылало бы лишь одну сорокамилліардную часть теплоты, получаемой нами теперь. Ни одинъ актинометръ не настолько чувствителенъ, чтобы обнаружить такое минимальное количество тепла.

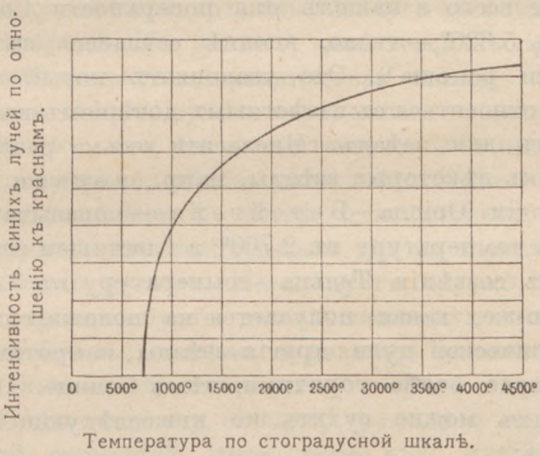
Правда, пытались употреблять приборы болѣе точные, каковыми являются, напр., радіометры Крукса. Одинъ экземпляръ подобнаго прибора, построенный на обсерваторіи Іеркесъ, въ Соединенныхъ Штатахъ, оказался въ такой степени чувствителенъ, что на него сильно дѣйствуетъ даже обыкновенное пламя свѣчи, помѣщенной отъ него на разстояніи 1 км. Этотъ приборъ позволилъ только констатировать, что теплота, получаемая нами отъ блестящей звѣзды Арктура несомнѣнно меньше теплоты, которую посылаетъ свѣча, находящаяся на разстояніи 8-ми км., а потому теплота эта и не можетъ быть опредѣлена. Пришлось, такимъ образомъ, отказаться отъ непосредственнаго измѣренія теплоты звѣздъ.

Мнѣ, однако, удалось при помощи особаго пріема опредѣлить ихъ температуру и обойти встрѣтившіяся затрудненія. Приборъ, который я употребилъ для этой цѣли и которымъ я пользуюсь въ настоящее время въ Парижской Обсерваторіи, я назвалъ „звѣзднымъ пирометромъ". Вотъ, въ двухъ словахъ, тотъ простой принципъ, на которомъ онъ основанъ.

Каждому извѣстно, что при постепенномъ нагрѣваніи куска металла или угля онъ становится сначала темно-краснымъ, а затѣмъ его цвѣтъ послѣдовательно переходитъ въ вишнево-красный, ярко-красный, оранжевый и, наконецъ, когда температура повышается еще больше, онъ становится ослѣпительно-бѣлымъ. Это происходитъ вотъ почему: со времени Ньютона извѣстно, что бѣлый свѣтъ состоитъ изъ лучей различныхъ цвѣтовъ, которые мы наблюдаемъ въ радугѣ, и смѣшеніе которыхъ даетъ ощущеніе бѣлаго цвѣта. Но когда температура металла повышается, онъ испускаетъ

сначала преимущественно красные лучи, затѣмъ, по мѣрѣ нагрѣванія,—все большее и большее количество синихъ и фіолетовыхъ лучей, которые смѣшиваются съ предыдущими и вызываютъ послѣдовательно рядъ цвѣтовыхъ ощущеній, описанный выше.

Съ другой стороны, благодаря работамъ современныхъ физиковъ, и въ особенности французскихъ физиковъ Віолля и Ле-Шателье, теперь въ точности извѣстна степень, въ какой увеличивается температура раскаленнаго тѣла, когда интенсивность синихъ лучей, имъ испускаемыхъ, увеличивается въ извѣстной пропорціи по отношенію къ интенсивности красныхъ. На нижепомѣщенной схемѣ (фиг. 2) показано, каковъ законъ этого увеличенія.



Измѣненія цвѣта раскаленныхъ тѣлъ, происходящія съ измѣненіемъ температуры.

Фиг. 2.

Разсматривая эту кривую, мы видимъ, что измѣненіе цвѣта происходитъ особенно быстро при наиболѣе низкихъ температурахъ, и что цвѣтъ мѣняется сильнѣе, напр., между 1.000° и 2.000°, чѣмъ между 2.000° и 3.000°, и такъ дальше.

Цѣль построеннаго на этомъ принципѣ прибора, описаніе котораго было бы здѣсь слишкомъ длиннымъ и мало интереснымъ, состоитъ, слѣдовательно, въ измѣреніи интенсивности лучей различныхъ цвѣтовъ, а въ особенности красныхъ и синихъ лучей той звѣзды, температуру которой нужно опредѣлить. Этого можно достигнуть, сравнивая ее

съ искусственной звѣздой, получающейся при помощи электрической лампы, сила свѣта которой измѣняется по желанію въ извѣстныхъ предѣлахъ, а также—помѣщая поочередно между глазомъ наблюдателя и обѣими звѣздами извѣстнаго рода цвѣтные экраны, пропускающіе только тотъ цвѣтъ, который въ данномъ случаѣ желателенъ.

Читатели, вѣроятно, поблагодарятъ меня, если я не буду здѣсь останавливаться на излишнихъ техническихъ подробностяхъ описанія прибора и на способѣ полученія вспомогательныхъ эталоновъ высокихъ температуръ и если я прямо перейду къ полученнымъ результатамъ.

Температура звѣздъ.

Прежде всего я нашелъ для поверхности Солнца температуру въ 5.320°,—число, вполнѣ согласное съ числами, полученными раньше[1]). Это узаконяетъ новый методъ и позволяетъ относиться съ извѣстнымъ довѣріемъ къ числамъ, полученнымъ для звѣздъ. Числа эти весьма различны. Въ то время какъ нѣкоторыя звѣзды, напр., первая въ красивомъ созвѣздіи Оріона—Бетейгейзе—показываютъ приблизительно температуру въ 2.700°, а блестящая звѣзда Альдебаранъ въ созвѣдіи Тельца—температуру въ 3.500°, т. е. почти такую-же, какая получается на положительномъ полюсѣ электрической дуги, другія звѣзды, напротивъ, оказываются гораздо болѣе горячими, чѣмъ Солнце. Объ этихъ температурахъ можно судить по нижеслѣдующей небольшой таблицѣ:

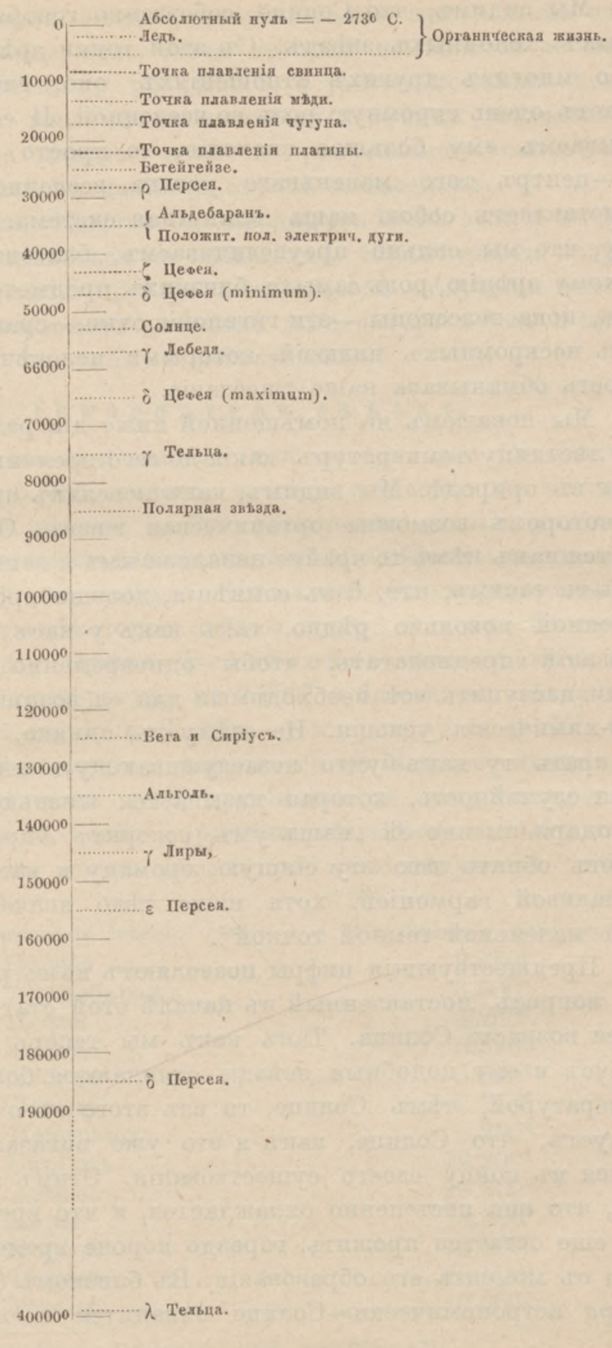
Наименованіе звѣздъ.	Наблюденная температура.
ρ Персея	2.870°
Альдебаранъ	3.500°
γ Цефея	4.260°
Солнце	5.320°
γ Лебедя	5.620°
γ Тельца	7.250°
Полярная	8.200°
Сиріусъ	12.200°
Альголь	13.300°
γ Лиры	14.500°
ε Персея	15.200°
δ Персея	18.500°
λ Тельца	40.000°.

[1]) См. Физическое Обозрѣніе. 1908, стр. 20 и 191.

Мы видимъ, что Солнце, собственно говоря,—одна изъ самыхъ холодныхъ звѣздъ. Съ этой точки зрѣнія, а также и во многихъ другихъ отношеніяхъ, оно, слѣдовательно, играетъ очень скромную роль во вселенной. И если мы приписываемъ ему большое значеніе, то просто потому, что оно—центръ того маленькаго уголка вселенной, который представляетъ собою наша планетная система, а также потому, что мы сильно преувеличиваемъ, благодаря нашему плохому зрѣнію, роль самыхъ близкихъ предметовъ до тѣхъ поръ, пока телескопы,—эти гиганскіе очки,—сразу не разрушатъ нескромныхъ иллюзій, которыми человѣческая близорукость обманывала наше тщеславіе.

Мы покажемъ на помѣщенной ниже діаграммѣ (фиг. 3) всю лѣстницу температуръ, какія до сего времени были найдены въ природѣ. Мы видимъ, какъ невеликъ промежутокъ, въ которомъ возможна органическая жизнь. Она представляется намъ чѣмъ-то крайне ненадежнымъ и непостояннымъ, чѣмъ-то такимъ, что̀, безъ сомнѣнія, должно проявляться во вселенной довольно рѣдко, такъ какъ у насъ очень мало основаній предполагать, чтобы одновременно гдѣ-нибудь могли наступить всѣ необходимыя для ея возникновенія физико-химическія условія. Не слѣдуетъ, однако, и слишкомъ презирать ту какъ-будто незаслуживающую никакого вниманія случайность, которая называется жизнью, такъ какъ благодаря именно ей „нашъ умъ, говоритъ Анри Пуанкаре, можетъ обнять всю эту сіяющую громаду и насладиться ея молчаливой гармоніей, хотя наше тѣло является въ ней лишь маленькой темной точкой“.

Предшествующія цифры позволяютъ намъ рѣшить важный вопросъ, поставленный въ началѣ этой статьи и касающійся возраста Солнца. Такъ какъ мы теперь знаемъ, что Сиріусъ и ему подобныя звѣзды отличаются болѣе высокой температурой, чѣмъ Солнце, то изъ этого съ очевидностью слѣдуетъ, что Солнце, какъ я это уже показалъ, приближается къ концу своего существованія. Этимъ я хочу сказать, что оно постепенно охлаждается, и что время, которое ему еще остается прожить, гораздо короче времени, протекшаго съ момента его образованія. Въ близкомъ будущемъ—говоря астрономически—Солнце охладится и окончательно



Шкала абсолютныхъ температуръ.
Фиг. 3.

потухнетъ; вычисленія показываютъ, что это должно случиться самое большее всего через нѣсколько милліоновъ лѣтъ, считая отъ настоящаго времени.

Я вычислилъ, что если-бы Солнце имѣло температуру Сиріуса, то всякая жизнь на Землѣ была бы невозможною, ибо всѣ жидкости, входящія въ составъ организмовъ, были бы доведены, до температуры кипѣнія. Изъ этого слѣдуетъ, что жизнь на земномъ шарѣ появилась, конечно, позже того времени, когда Солнце находилось въ фазѣ своего существованія, соотвѣтствующей той, какую теперь проходитъ Сиріусъ. Это тѣмъ болѣе вѣрно, что внутренній жаръ Земли съ тѣхъ поръ, очевидно, тоже уменьшился.

Одною изъ самыхъ любопытныхъ звѣздъ между тѣми, температура которыхъ была мною измѣрена, является δ въ созвѣздіи Цефея. Эта звѣзда непостоянна; ея свѣтъ мѣняется, и регулярно черезъ каждые три дня она переходитъ отъ 3-й величины къ 5-й, чтобы затѣмъ въ теченіе слѣдующихъ двухъ дней снова пріобрѣсти свою прежнюю яркость и снова пройти черезъ тотъ же циклъ явленій.

Но мы уже констатировали, что температура этой звѣзды мѣняется параллельно измѣненіямъ ея свѣта: въ моментъ наименьшаго блеска она равна приблизительно 4.550°, а во время максимума его доходитъ до 6.900°. Этотъ фактъ наводитъ насъ на очень любопытныя соображенія относительно явленій, происходящихъ на этой звѣздѣ, и позволяетъ намъ предугадывать истинную причину этихъ странныхъ перемѣнъ ея блеска. Но я вышелъ бы изъ рамокъ этой статьи, если-бы сталъ распространяться объ этихъ перемѣнахъ.

Какъ бы тамъ ни было, но что сказали бы люди, постоянно жалующіеся на колебанія земной температуры, если-бы мы обращались вокругъ δ Цефея вмѣсто того, чтобы обращаться вокругъ Солнца? Послѣднее все-таки, несмотря на свои пятна, представляетъ собою довольно равномѣрно пылающій очагъ, и небольшія измѣненія погоды, которыми мы ему обязаны,—пустяки въ сравненіи съ измѣненіями, возможными въ системѣ δ Цефея. Затѣмъ, наши перемѣны погоды имѣютъ за собою еще то преимущество, что доставляютъ постоянную пищу для трехъ четвертей человѣче-

скихъ разговоровъ; разговоры эти тянулись бы, безъ сомнѣнія, очень вяло, если-бы погода на нашемъ маленькомъ земномъ шарѣ мѣнялась вполнѣ правильно.

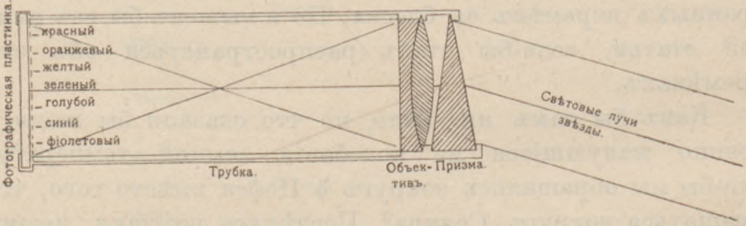
А что сказали бы эти люди, если-бы мы обращались вокругъ λ Тельца? Въ послѣднемъ случаѣ, правда, никакихъ жалобъ и не раздавалось бы просто потому, что всѣ недовольные моментально были бы превращены въ паръ.

Химія неба и мечта алхимиковъ.

Результаты изслѣдованій, касающихся температуры звѣздъ, наводятъ насъ на цѣлый рядъ новыхъ соображеній и выводовъ; въ особенности должны обращать на себя вниманіе, какъ имѣющіе высокое философское значеніе, тѣ выводы, которые касаются мысли о превращеніи металловъ, къ осуществленію чего такъ упорно стремились алхимики среднихъ вѣковъ.

Всѣ знаютъ, что въ наши дни, благодаря спектроскопу, можно анализировать вещества, входящія въ составъ тѣхъ далекихъ, гигантскихъ очаговъ, которые мы называемъ звѣздами, съ такой же степенью точности, какъ если-бы дѣло происходило въ лабораторіи.

Самый простой звѣздный спектроскопъ, схема котораго дана ниже на фиг. 4-й, состоитъ изъ зрительной трубы съ помѣщенной передъ ея объективомъ стеклянной призмой.

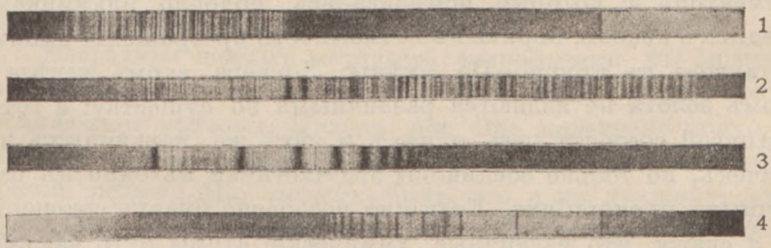


Фиг. 4.

Полученный отъ какой-нибудь звѣзды бѣлый свѣтъ разлагается дѣйствіемъ этой призмы, и мы получаемъ его въ фокусѣ зрительной трубы на фотографической пластинкѣ въ видѣ спектра съ различными цвѣтами радуги. Извѣстно,

что черныя и блестящія линіи, которыми испещренъ полученный такимъ путемъ спектръ (изъ которыхъ каждая характерна для даннаго химическаго элемента), указываютъ намъ на тотъ или иной химическій составъ звѣздъ.

Уже установлено, что большинство тѣлъ, обнаруженныхъ на звѣздахъ, въ то же время суть элементы извѣстные и на Землѣ, и это является лучшимъ доказательствомъ химическаго единства вселенной. Но мы теперь знаемъ, благодаря главнымъ образомъ работамъ одного почтеннаго и выдающагося англійскаго астронома, сэра Нормана Локьера, что число и соотношенія этихъ элементовъ далеко не одинаковы на различныхъ звѣздахъ. На нѣкоторыхъ, какъ напр. Беллатриксъ (такъ называемыя геліевыя звѣзды), линіи металловъ какъ бы отсутствуютъ, и на нихъ мы находимъ только очень рѣзкія линіи двухъ самыхъ легкихъ газовъ изъ всѣхъ тѣхъ, какіе до сихъ поръ были извѣстны, линіи гелія и водорода. На другихъ звѣздахъ, напр. на Сиріусѣ (такъ называемыя водородныя звѣзды), линіи гелія не такъ сильны, линіи же водорода все еще интенсивны и уже появляются линіи металловъ. Затѣмъ идетъ классъ такъ называемыхъ солнечныхъ звѣздъ,—классъ, въ которомъ всѣ извѣстные металлы содержатся въ замѣтныхъ количествахъ, какъ напр. на Солнцѣ, и наконецъ, мы находимъ категорію красныхъ звѣздъ (къ ней принадлежитъ Бетейгейзе), въ которой линіи металловъ выступаютъ еще рѣзче, чѣмъ на Солнцѣ, и уже можно замѣтить соединенія металловъ, напр. окись титана (фиг. 5).



Спектры звѣздъ различныхъ типовъ.

1) Геліевы звѣзды. 2) Водородныя звѣзды. 3) Солнечныя звѣзды. 4) Сложно-металлическія звѣзды.

Фиг. 5.

Сэръ Норманъ Локьеръ послѣ длиннаго ряда удивительныхъ опытовъ, на которыхъ я не могу здѣсь долго останавливаться, но которые, однако, приводятъ насъ къ весьма вѣскимъ аргументамъ, пришелъ къ мысли, что, если исчезаютъ постепенно сложныя тѣла, а затѣмъ и тяжелые металлы по мѣрѣ того, какъ мы переходимъ отъ красныхъ звѣздъ къ геліевымъ, то это зависитъ, несомнѣнно, оттого, что температура правильно возрастаетъ отъ первыхъ къ послѣднимъ. Подъ вліяніемъ этой повышающейся температуры самые тяжелые металлы, т. е. тѣ, молекулярное строеніе которыхъ является наиболѣе сложнымъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и наиболѣе непрочнымъ, должны мало-по-малу разлагаться и образовывать болѣе легкіе металлы; послѣдніе, въ свою очередь, въ случаѣ повышенія температуры, должны подвергаться диссоціаціи. Такимъ образомъ, всѣ тѣла на самыхъ горячихъ звѣздахъ, каковыми должны быть геліевыя, были бы превращены въ водородъ и гелій, т. е. въ самые легкіе элементы, какіе только намъ извѣстны.

Когда сэръ Норманъ Локьеръ впервые высказалъ свои идеи, то большинству химиковъ онѣ показались мало обоснованными и произвольными, хотя въ дѣйствительности онѣ были выведены на основаніи безукоризненно поставленныхъ опытовъ и самаго глубокаго изученія звѣздныхъ спектровъ. Со стороны того же большинства химиковъ сыпались всевозможныя насмѣшки на головы тѣхъ немногихъ ученыхъ, которые позволяли себѣ сомнѣваться въ непреложности священной догмы неизмѣняемости химическихъ элементовъ и которые осмѣливались, подобно алхимикамъ среднихъ вѣковъ, вѣрить въ возможность превращенія однихъ металловъ въ другіе. По мнѣнію Локьера, атомъ желѣза и атомъ золота не являются различными по существу; и тотъ, и другой состоятъ изъ однихъ и тѣхъ же первичныхъ частичекъ, но только соединены эти частички въ одно въ различныхъ пропорціяхъ. Если мнѣ позволено будетъ сравненіе, то я скажу, что различные химическіе атомы суть какъ-бы сооруженія, сложенныя изъ однихъ и тѣхъ же кирпичей, но по причинѣ различнаго расположенія этихъ кирпичей они имѣютъ различный видъ.

Изложенные нами результаты изслѣдованій, касающихся звѣздныхъ температуръ, приносятъ съ собою неожиданное подтвержденіе глубокихъ идей сэра Нормана Локьера въ одномъ серьезномъ вопросѣ. Въ самомъ дѣлѣ, самыя высокія температуры найдены нами для геліевыхъ звѣздъ, и изъ нашихъ измѣреній слѣдуетъ, что температура понижается по мѣрѣ перехода отъ этихъ звѣздъ къ звѣздамъ водороднымъ, затѣмъ—къ звѣздамъ солнечнаго типа, и, наконецъ,—къ звѣздамъ, содержащимъ металлы. Въ этомъ мѣстѣ, слѣдовательно, опытъ вполнѣ подтверждаетъ гипотезы Локьера.

Другое подтвержденіе, полученное этими гипотезами со стороны самой химіи, представляютъ недавнія изысканія лорда Рамзая. Этотъ великій химикъ, которому мы уже раньше были обязаны открытіемъ земного гелія, послѣ цѣлаго ряда замѣчательныхъ опытовъ превратилъ эманацію радія въ гелій, а нѣсколько позже и эманацію нѣкоторыхъ металловъ въ углеродъ.

Превращеніе элементовъ перестаетъ, такимъ образомъ, быть чѣмъ-то невозможнымъ, и средневѣковые алхимики имѣли, значитъ, нѣкоторыя основанія производить свои странные эксперименты съ цѣлью получить золото изъ обыкновенныхъ металловъ. Правда, лишь желаніе выгоды и самый грубый эмпиризмъ руководили ими; но, несмотря на все это, они были безсознательными носителями той, оставленной намъ учениками Эпикура, великой идеи о химическомъ единствѣ матеріи, которая въ современной астрономіи раньше, чѣмъ въ другихъ наукахъ, получила фактическое подтвержденіе.

Благодаря новымъ методамъ астрофизики, мы можемъ въ настоящее время составить себѣ о мірѣ представленіе, не лишенное красоты. Правда, оно еще далеко не полно, и никогда намъ не удастся разобрать всѣхъ строфъ этой загадочной поэмы. Но, можетъ быть, это и къ лучшему, если вѣрно, что самые прекрасные сны—тѣ, которые остаются неоконченными.

Парижъ.
Астрономическая
Обсерваторія.

Новый часъ.

Г. Бигурдана [1]).

Въ недалекомъ будущемъ законный французскій часъ, по которому каждый изъ насъ ставитъ свои часы, перестанетъ быть часомъ „средняго времени Парижа“ и будетъ, согласно новому закону, опаздывать на 9 мин. и 21 сек. Этотъ законъ, принятый уже тринадцать съ половиной лѣтъ тому назадъ Палатой депутатовъ и всего лишь нѣсколько дней тому назадъ утвержденный Сенатомъ, войдетъ теперь въ силу и станетъ обязательнымъ для всѣхъ.

Но введеніе новаго закона сопровождается цѣлымъ рядомъ различныхъ ограниченій, по поводу которыхъ и возникаютъ перечисленные ниже вопросы, и на которые мы хотимъ дать отвѣтъ въ нашей статьѣ;

во-первыхъ: почему нашъ часъ будетъ опаздывать именно на 9 мин. и 21 сек.;

во-вторыхъ: какія именно ограниченія внесены въ измѣненіе часа и меридіана;

и, наконецъ: каковы же преимущества и неудобства новаго закона.

I. Національные часы.

Съ открытіемъ желѣзнодорожнаго сообщенія пришлось принять одинъ и тотъ же часъ на всѣхъ вокзалахъ, такъ какъ этотъ способъ передвиженія оказался гораздо болѣе быстрымъ, чѣмъ всѣ предыдущіе.

Извѣстно, что каждый меридіанъ имѣетъ свой собственный мѣстный часъ, и что разница во времени между двумя точками, находящимися на разныхъ меридіанахъ, зависитъ

[1]) Revue générale des Sciences. 1911, № 4.

отъ разницы ихъ долготъ; такъ, напримѣръ, солнечный часъ Бреста, независимо отъ того, будетъ ли онъ истинный или средній, отстаетъ отъ Парижскаго на 27 мин. 19 сек.

Въ тѣ времена, когда путешествія совершались очень медленно, въ кибиткахъ или на дилижансахъ, даже самый большой путь, который можно было совершить въ одинъ день, не вносилъ значительной разницы во времени, тѣмъ болѣе потому, что эти нѣсколько минутъ разницы всегда можно было отнести на счетъ неточности часовъ. Но дѣло совершенно измѣнилось, когда появились желѣзныя дороги, и когда всѣ станціонные часы должны были показывать одно и то же время. Съ этой цѣлью во Франціи пришлось ввести одинъ общій, средній часъ, которымъ, конечно, сталъ Парижскій; но наряду съ этимъ вокзальнымъ временемъ вездѣ продолжало существовать мѣстное время, которымъ и руководились въ гражданской жизни. Въ мѣстностяхъ, расположенныхъ недалеко отъ Парижскаго меридіана, разница между этими двумя часами была, конечно, незначительной, но, по мѣрѣ приближенія къ восточной или западной границѣ, она все увеличивалась и доходила до 20 мин. въ Ниццѣ и до 27 мин. въ Брестѣ.

Однако, мѣстный часъ сталъ мало-по-малу терять свое прежнее значеніе, и законъ 1891 г., по которому средній часъ Парижа становился законнымъ не только въ предѣлахъ самой Франціи, но и въ Алжирѣ, прошелъ совершенно незамѣченнымъ публикой.

Тѣ же практическія соображенія побудили и другія страны ввести одинъ законный часъ на всей своей территоріи, каковымъ обыкновенно и былъ часъ главной обсерваторіи данной страны.

Но это упрощеніе порождало иногда не мало странностей; такъ, напримѣръ, на берегу Констанцскаго озера получалось пять различныхъ оффиціальныхъ часовъ, по числу пяти государствъ, владѣющихъ его берегами, а именно: Швейцаріи, Великаго Герцогства Баденскаго, Вюртемберга, Баваріи и Австріи. Легко понять, какія затрудненія это вызывало при составленіи желѣзнодорожныхъ и пароходныхъ расписаній, и какъ это было неудобно для путешественниковъ. А во время переѣзда отъ Парижа до Константинополя

путешественнику приходилось переводить свои часы до десяти разъ. Отсюда видно, какъ важно было установить универсальное время для всего міра. Но для этого надо было выбрать, наконецъ, какой-нибудь первый международный меридіанъ и удовлетворить давнишнее желаніе географовъ.

II. Универсальное время.

При наличности всѣхъ только что указанныхъ неудобствъ національный часъ не могъ удовлетворять нужды такихъ государствъ, которыя занимаютъ большія территоріи. Въ самомъ дѣлѣ, если національный часъ казался довольно удовлетворительнымъ для маленькаго и даже средняго государства, въ которомъ разница между нимъ и мѣстнымъ временемъ не достигала получаса, то этого нельзя было бы сказать о такихъ большихъ государствахъ, какъ, напримѣръ, Сѣверо-Американскіе Соединенные Штаты, которые занимаютъ болѣе пяти часовъ долготы, и гдѣ зимой на востокѣ бываетъ полдень въ то время, когда на западѣ солнце только что еще восходитъ.

Все это вызвало необходимость найти универсальный часъ, и многіе ученые очень дѣятельно занимались этимъ вопросомъ; однако, ихъ труды не увѣнчались успѣхомъ. Это происходило отчасти оттого, что подобный часъ казался, дѣйствительно, чѣмъ то призрачнымъ, неосуществимымъ на практикѣ; вѣдь, дѣйствительно, великимъ регуляторомъ нашей жизни является солнце, и всѣ мы привыкли считать, что полдень бываетъ именно тогда, когда солнце находится въ зенитѣ, а потому введеніе новаго часа, нарушивъ мѣстныя привычки, вызвало бы неудовольствіе большей части обитателей земного шара. Вѣроятно, даже такіе сторонники прогресса, какъ Японцы, и тѣ не слишкомъ охотно согласились бы поставить свои часы на девять часовъ утра въ то время, когда на самомъ дѣлѣ солнце уже заходитъ. Справедливость, однако, требуетъ замѣтить, что сторонники универсальнаго часа ограничивали его примѣненіе только къ нѣкоторымъ научнымъ и практическимъ нуждамъ, какъ, напримѣръ, желѣзныя дороги, большія пароходныя линіи, почта, телеграфъ, сохранивъ для всѣхъ остальныхъ надобностей мѣстное время.

Поиски универсальнаго часа были неразрывно связаны съ необходимостью установленія международнаго меридіана, вслѣдствіе чего эти вопросы и были всегда разсматриваемы одновременно; такъ велось обсужденіе ихъ въ 1883 г. на Географическомъ конгрессѣ въ Венеціи и въ 1883 г. на засѣданіи Международной геодезической ассоціаціи въ Римѣ.

III. Первый всемірный меридіанъ.

Необходимость привести всѣ географическія долготы къ одному меридіану чувствовалась уже давно, но такъ какъ земля есть сфероидъ вращенія, то выборъ на ней такого меридіана являлся болѣе или менѣе произвольнымъ и часто мѣнялся въ силу историческихъ и политическихъ причинъ. Такъ, напримѣръ, въ XVII вѣкѣ кардиналъ Ришелье сдѣлалъ первымъ меридіаномъ меридіанъ острова Ферро, самаго западнаго изъ группы Канарскихъ острововъ и вмѣстѣ съ тѣмъ самой западной изъ всѣхъ земель, извѣстныхъ древнимъ. Въ теченіе нѣкотораго времени этотъ меридіанъ былъ принятъ за первый всѣми. Но такъ какъ долгота о. Ферро была мало извѣстна, то по предложенію знаменитаго географа Делиля было принято довольно произвольное предположеніе, что этотъ островъ находится на 20° къ западу отъ Парижа. Въ сущности это сводилось къ тому, что Парижскій меридіанъ замѣнилъ собою первый меридіанъ кардинала Ришелье. Впослѣдствіи и другія страны стали считать первымъ меридіаномъ тотъ, который проходилъ черезъ ихъ главную національную обсерваторію. Однако, такое стремленіе каждой страны имѣть свой собственный меридіанъ представляло много неудобствъ, вслѣдствіе чего явилась настоятельная необходимость вернуться къ одному общему и единственному меридіану. Съ этою цѣлью этотъ вопросъ обсуждался на вышеупомянутыхъ конгрессахъ въ Венеціи и Римѣ. Всѣ согласились на томъ, что этотъ меридіанъ надо выбрать въ устойчивой странѣ, расположенной вдали отъ вулканическихъ и другихъ сотрясеній почвы, а такъ какъ онъ долженъ былъ вмѣстѣ съ тѣмъ представлять всѣ удобства для опредѣленія разностей долготъ, то онъ долженъ проходить черезъ первоклассную обсерваторію.

Такимъ образомъ явилось только два конкурента: Парижъ и Гринвичъ. Первый могъ претендовать на историческую роль, благодаря выдающимся успѣхамъ французской геодезіи въ XVII вѣкѣ. Достаточно назвать тѣ знаменитыя путешествія, которыя неоднократно предпринимались подъ покровительствомъ Парижской академіи наукъ съ цѣлью опредѣленія долготы Даніи, Кайены, Сенегала, Сіама, Китая, Капа и Антильскихъ острововъ; эти научныя экспедиціи дали возможность исправить не мало значительныхъ ошибокъ, которыя достигали въ Азіи до 27°. Во время путешествія въ Кайену Рише сдѣлалъ всѣмъ памятное открытіе касательно укороченія секунднаго маятника при приближеніи къ экватору, которое имѣло громадное значеніе при опредѣленіи формы нашей планеты. Точныя измѣренія земли были начаты Пикаромъ на парижскомъ меридіанѣ, а затѣмъ они были продолжены не только въ предѣлахъ Франціи, но и на экваторѣ, на Полярномъ кругѣ и на Капѣ. Однимъ словомъ, геодезія въ теченіе цѣлаго вѣка оставалась исключительно французской наукой.

Но потомъ Гринвичскій меридіанъ сталъ пріобрѣтать все большее и большее значеніе, особенно же при опредѣленіи долготъ Луны; и теперь, дѣйствительно, девять десятыхъ моряковъ всего свѣта пользуются англійскими картами, на которыхъ первымъ меридіаномъ значится Гринвичскій. Поэтому, когда Конгрессъ въ Римѣ обсуждалъ вопросъ о томъ, который изъ двухъ названныхъ меридіановъ имѣетъ больше шансовъ быть признаннымъ всѣмъ міромъ, то онъ высказался за Гринвичскій.

Черезъ годъ это рѣшеніе было утверждено и Международной конференціей въ Вашингтонѣ.

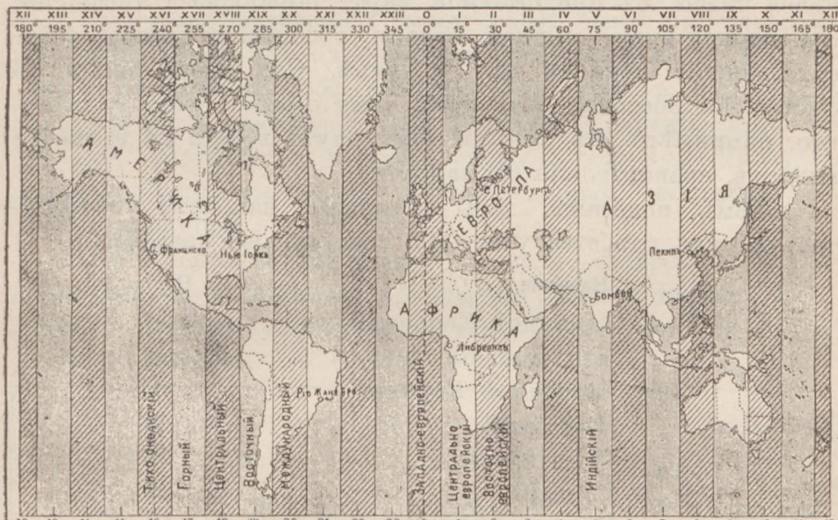
Можно сказать, что съ тѣхъ поръ Парижскій меридіанъ окончательно потерялъ свое значеніе; но универсальный часъ не былъ установленъ, и его замѣнили часовыя полосы.

IV. Часовыя полосы.

Въ виду тѣхъ неудобствъ, которыя представлялъ универсальный часъ, и неудовлетворительности національнаго часа, Канадскій Институтъ предложилъ принять какой-ни-

будь меридіанъ за начальный и раздѣлить всю землю на двадцать четыре равныхъ полосы такъ, чтобы разстояніе между двумя сосѣдними меридіанами равнялось 15°. На всемъ протяженіи каждой изъ получившихся такимъ образомъ полосъ долженъ быть одинъ и тотъ же часъ.

Въ такомъ видѣ эта система была введена въ 1883 г. въ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ, а теперь она входитъ въ употребленіе и у насъ. Понятіе о ней даетъ приложенная ниже карта (фиг. 1).



Фиг. 1.

Карта 24 часовыхъ полосъ, покрывающихъ земной шаръ.

Центральный меридіанъ, помѣченный 0°,—это Гринвичскій; съ обѣихъ сторонъ отмѣчены меридіаны, находящіеся на разстояніи 7° 30′; между ними заключается первая часовая полоса, помѣченная внизу карты нулемъ. Такимъ же способомъ образуются и остальныя полосы, центральными или „нормальными“ меридіанами которыхъ будутъ тѣ, которые имѣютъ 15°, 30°, 45° и т. д. восточной Гринвичской долготы. Въ тѣхъ странахъ, поверхность которыхъ по долготѣ не велика, за территоріальный часъ принимаютъ часъ нормальнаго меридіана соотвѣтствующей полосы; въ тѣхъ же странахъ, которыя занимаютъ нѣсколько часовыхъ полосъ, каждая провинція принимаетъ часъ своей полосы.

Отсюда видно, что эта система не устанавливаетъ одного общаго часа для всего земного шара, но вводитъ 24 нормальныхъ часа, находящихся на равномъ разстояніи другъ отъ друга, и что она въ то же время соединяетъ въ себѣ большую часть преимуществъ универсальнаго и національнаго часа. Когда она будетъ окончательно принята, то всѣ часы земного шара будутъ показывать одну и ту же минуту и одну и ту же секунду, а будутъ измѣняться только цыфры часовъ отъ одной полосы къ другой, да и то на цѣлое число. Въ приложенной картѣ порядковыя числа, поставленныя внизу каждой полосы, обозначаютъ часы, соотвѣтствующіе полночи въ Гринвичѣ. Они возрастаютъ съ Запада на Востокъ, благодаря чему можно сразу увидѣть, что, напримѣръ, въ Японіи часы идутъ всегда на 9 часовъ впередъ, сравнительно съ нашими.

Тѣмъ полосамъ, часы которыхъ наиболѣе употребительны, для удобства уже дали спеціальныя названія.

Названіе.	Полосы.
Часъ Западной Европы	0
„ Центральной Европы	1
„ Восточной Европы	2
„ Индійскій	5
„ Тихоокеанскій	16
„ Горный	17
„ Центральный	18
„ Восточный	19
„ Международный	20.

V. Новый часъ.

Область Франціи, наиболѣе отдаленная отъ Гринвичскаго меридіана, это Ницца, которая находится отъ него на разстояніи 7° 18′. Такимъ образомъ почти вся Франція заключена въ полосѣ 0, т. е. полосѣ Гринвичскаго меридіана или Западно-Европейской, благодаря чему новый законный часъ во Франціи будетъ въ дѣйствительности часомъ Гринвичскаго меридіана, находящагося на 9 мин. и 21 сек. къ Западу отъ Парижскаго. Таково происхожденіе этого числа, ставшаго въ основу только что принятаго закона.

Разсмотримъ нѣсколько подробнѣе точность этого числа и способъ его опредѣленія. Разница долготъ двухъ меридіановъ можетъ получиться двумя способами:

1) при измѣреніи въ километрахъ линейнаго разстоянія, которое ихъ раздѣляетъ, связывая ихъ другъ съ другомъ большими геодезическими треугольниками;

2) при одновременномъ астрономическомъ опредѣленіи разницы ихъ мѣстныхъ часовъ.

Оба эти способа, результаты которыхъ часто бываютъ систематически несогласны между собой, были по нѣсколько разъ примѣнены при опредѣленіи разницы долготъ Парижской и Гринвичской обсерваторій. Въ случаяхъ, подобныхъ данному, когда требуется опредѣлить часъ, предпочитаются, конечно, результаты второго способа, который требуетъ двухъ наблюдателей, изъ коихъ каждый находится на своемъ меридіанѣ.

Этотъ способъ опредѣленія достигъ современной точности только со времени примѣненія электрическаго телеграфа, и вотъ результаты, полученные съ 1854 г. и до настоящаго времени.

Годъ.	Обсерваторія.	Результатъ
1854	Е. Донкинъ и Г. Фай	9′ 20″, 51
1872	Англійская береговая служба . . .	9′ 20″, 97
1888	Ш. Левисъ и Г. Г. Турнеръ . . .	9′ 20″, 85
1892	Г. П. Голлисъ и Г. Г. Турнеръ .	9′ 20″, 79
1902	Ф. В. Дейсонъ и Г. П. Голлисъ .	9′ 20″, 93
1902	Г. Бигурданъ и Ф. Ланселенъ . .	9′ 20″, 99

Отсюда видно, что искомая разность долготъ немного меньше 9 мин. 21 сек., и что послѣднее число достаточно точно для надобностей законнаго числа.

VI. Ограниченія, внесенныя при перемѣнѣ часа.

Утвержденіе законопроекта, который недавно былъ представленъ, привело бы, хотя и въ довольно отдаленномъ

времени, къ тому, что Парижскій меридіанъ былъ бы совершенно забытъ въ пользу Гринвичскаго. Эта мысль была совершенно ясно выражена въ проектѣ, представленномъ Палатѣ депутатовъ 27 октября 1896 г. Г. Девилемъ. Но такъ какъ при толкованіи этого закона несомнѣнно возникли бы различныя недоразумѣнія, которыя могли бы даже помѣшать его принятію, то Палата депутатовъ предпочла принять редакцію, предложенную Буденотомъ 8 марта 1897 г., которая послѣ очень обстоятельнаго доклада Пома, стала текстомъ самого закона. Но на обсужденіе Сената онъ поступилъ только черезъ тринадцать съ половиной лѣтъ, 26 января 1911 г. И тогда кто-то сталъ требовать спѣшности его обсужденія; на это Савари очень удачно возразилъ, что „если законъ ждалъ 13½ лѣтъ раньше, чѣмъ попасть на эту трибуну, то смѣшно теперь требовать спѣшности его признанія".

Пренія отъ имени правительства поддерживалъ Ш. Лалеманъ; второе чтеніе состоялось 10 февраля, и тогда же громаднымъ большинствомъ проектъ былъ принятъ.

Единственная статья этого закона редактирована слѣдующимъ образомъ:

„Законный часъ Франціи и Алжира есть часъ средняго времени Парижа съ опозданіемъ на девять минутъ и двадцать одну секунду".

Если бы законнымъ часомъ былъ признанъ часъ Гринвичскаго меридіана, то пришлось бы совсѣмъ отказаться отъ пользованія Парижскимъ меридіаномъ, что вызвало бы въ различныхъ областяхъ много такихъ перемѣнъ, которыхъ было-бы желательно избѣгнуть, поэтому во время дебатовъ вопросъ о меридіанѣ былъ оставленъ совершенно въ сторонѣ. Благодаря этому, французская гидрографія, въ которой пришлось бы исправить болѣе трехъ тысячъ картъ и шестьсотъ томовъ „Мореходныхъ инструкцій", теперь останется неприкосновенной. Такимъ образомъ, главнымъ французскимъ меридіаномъ останется Парижскій; онъ сохранитъ свое прежнее значеніе въ мореплаваніи, астрономіи и картографіи; новый же законъ коснется только гражданскаго часа, который регулируетъ экономическую жизнь страны съ ея желѣзными дорогами, почтами, телеграфами и т. д., и т. д.

VII. Преимущества и недостатки новаго закона.

Новый часъ представляетъ неоспоримыя преимущества съ точки зрѣнія международныхъ сношеній. Въ самомъ дѣлѣ, онъ осуществляетъ единство французскихъ часовъ съ часами сосѣднихъ государствъ, такъ какъ пятиминутная разница между внутренними (городскими) и внѣшними (вокзальными) часами также исчезнетъ. И этимъ, конечно, онъ будетъ также полезенъ и многочисленной путешествующей за границей публикѣ. Между прочимъ, будутъ очень упрощены и международныя телеграфныя сношенія; такъ, напримѣръ, отнынѣ будетъ очень легко вычислить время, которое прошло съ момента отправленія телеграммы и до момента ея прибытія.

Наука также признаетъ за нимъ нѣкоторыя преимущества, хотя бы при вычисленіи хода циклоновъ, продолжительности землетрясеній и т. д.

Наконецъ, новый законъ прекращаетъ нашу изолированность, въ которой мы находимся съ тѣхъ поръ, какъ Испанія присоединилась къ системѣ часовыхъ полосъ.

Но наряду съ этими преимуществами существуютъ, конечно, и нѣкоторыя неудобства, которыя ощутительны, главнымъ образомъ, для осѣдлаго населенія. Въ самомъ дѣлѣ, если бросить взглядъ на карту Франціи, то видно, что Парижскій меридіанъ раздѣляетъ страну на двѣ почти равныя части, сводя, такимъ образомъ, до минимума неудобство, которое является вслѣдствіе предпочтенія, оказываемаго одному часу передъ всѣми остальными мѣстными. Гринвичскій же меридіанъ оставляетъ на Западѣ только четверть Франціи, а на Востокѣ три четверти; такимъ образомъ Восточныя области приносятся ему въ жертву. Но на это можно, однако, возразить, что проистекающее отсюда неудобство для Ниццы впослѣдствіи не будетъ болѣе чувствительнымъ, чѣмъ оно было до сихъ поръ для Бреста.

Откровенно говоря, при этомъ можетъ страдать только наше національное самолюбіе, и изъ всѣхъ народовъ только мы, французы, можемъ почувствовать это особенно сильно, такъ какъ одинъ Парижскій меридіанъ могъ спорить о первенствѣ съ Гринвичскимъ. Всѣмъ тѣмъ, кто отвергаетъ

Гринвичскій часъ, мы можемъ сказать, что новый часъ не есть исключительно англійскій, но что онъ является лишь часомъ системы часовыхъ полосъ, т. е. часомъ всего міра.

Къ сожалѣнію, надо прибавить, что Англичане до сихъ поръ не выказали никакой готовности оказать намъ соотвѣтственную компенсацію, сдѣлавъ, напримѣръ, у себя обязательной нашу метрическую систему мѣръ. Разсчитывать на такую компенсацію мы имѣемъ, однако, полное право, такъ какъ примѣненіе метрической системы во всемірной торговлѣ имѣло бы, конечно, большее значеніе, чѣмъ единство часа. Впрочемъ, справедливость требуетъ замѣтить, что если метрическая система въ Англіи пока не имѣетъ численнаго большинства, то во всякомъ случаѣ она близка къ этому и уже давно завоевала себѣ симпатію болѣе просвѣщенной части англійскаго общества.

VIII. Заключеніе.

Въ тотъ день, когда новый законъ будетъ приведенъ въ исполненіе, всѣ часы будутъ поставлены на 9 мин. 21 сек. назадъ, и такимъ образомъ всѣ французы помолодѣютъ на это время. Подобный примѣръ можно найти въ исторіи древняго Римъ: когда былъ установленъ Юліанскій календарь, то текущій годъ удлинился до 445 дней, вслѣдствіе чего всѣ современники Цезаря стали сразу моложе на три мѣсяца.

Напротивъ, при введеніи Грегоріанскаго календаря, когда въ 1582 г. послѣ 4-го октября сразу наступило 15-е число,—всѣ современники папы Григорія VIII постарѣли на 10 дней; по крайней мѣрѣ тѣ изъ нихъ, которые принадлежали къ католическому вѣроисповѣданію. Лютеранскіе государства приняли эту реформу гораздо позже, а русскіе и греки и до сихъ поръ живутъ по старому стилю.

Парижъ.

Преподаваніе физики въ баварскихъ высшихъ реальныхъ училищахъ въ связи съ преобразованіемъ практическихъ занятій для учениковъ.

Германа Гана.

Баварское правительство открыло въ 1907 году девять высшихъ реальныхъ училищъ и введеніемъ этого типа школъ, несущаго въ себѣ самые здоровые зачатки будущаго развитія, вполнѣ удовлетворило требованіямъ современной дѣйствительности. Баварское министерство народнаго просвѣщенія командировало въ концѣ прошлаго столѣтія профессора Карла Т. Фишера въ Англію для ознакомленія съ тамошнею постановкою преподаванія естественныхъ наукъ, и отчетъ, представленный Фишеромъ послѣ его поѣздки, оказалъ огромное вліяніе на преподаваніе физики во всей Германіи. Надежды, возлагавшіяся на то, что физикѣ будетъ отведено подобающее мѣсто въ учебныхъ планахъ, наконецъ, сбылись, и теперь можно смѣло утверждать, что нигдѣ въ мірѣ преподаваніе физики въ среднихъ школахъ не обезпечено такъ хорошо, какъ въ новыхъ баварскихъ высшихъ реальныхъ училищахъ (Oberrealschulen).

Въ основу учебнаго плана по физикѣ легъ проектъ, составленный Фишеромъ и десятью членами баварскаго союза преподавателей реальныхъ училищъ (Realschulmännerverein). Его главное достоинство заключается не въ цѣлесообразномъ распредѣленіи матеріала, а въ методѣ преподаванія. Онъ обязываетъ къ введенію ученическихъ практическихъ занятій по физикѣ во всѣхъ классахъ и къ установленію самой глубокой и естественной связи между класснымъ и лабораторнымъ преподаваніемъ. Такимъ образомъ, въ баварскихъ выс-

шихъ реальныхъ училищахъ въ расписаніе внесены только часы по физикѣ, но детально не предписывается, слѣдуетъ ли удѣлить одинъ часъ въ недѣлю классному преподаванію, а два часа лабораторному, или обратно. Свобода, предоставленная въ этомъ отношеніи преподавателю, имѣетъ первостепенную важность. Она даетъ ему возможность вводить практическія занятія именно въ тѣхъ мѣстахъ курса, съ которыми они естественно связаны, и примѣнять, такимъ образомъ, методъ преподаванія, который на основаніи добытаго уже опыта является наилучшимъ. Зимою 1903/04 года я первый связалъ въ одно цѣлое классное преподаваніе съ лабораторнымъ; безъ сомнѣнія, и здѣсь нужда была матерью прогресса. Я заставлялъ тогда работать на практическихъ занятіяхъ на одинъ фронтъ и одновременно, какъ въ классѣ, такъ и на занятіяхъ, излагалъ и заставлялъ изучать одинъ и тотъ же предметъ. Но въ это время недоставало ни опытовъ, ни приборовъ, ни денегъ для того, чтобы заполнить внесенные въ расписаніе часы практическихъ занятій, и я былъ тогда принужденъ для сохраненія метода занятій на одинъ фронтъ вплетать лабораторныя упражненія въ классное преподаваніе. Въ началѣ мои ученики очень неохотно мирились съ этимъ новшествомъ, такъ какъ боялись, что я стремился къ увеличенію класснаго преподаванія за счетъ лабораторныхъ часовъ. Опытъ сочетанія обоихъ видовъ преподаванія далъ, однако, значительно лучшіе результаты, сравнительно съ тѣмъ временемъ, когда каждое изъ этихъ преподаваній, классное и лабораторное, велись независимо другъ отъ друга. Если хорошо вдуматься, то этого и слѣдовало ожидать. Почему-же такая счастливая мысль не явилась мнѣ сразу? Сыздавна практикующееся раздѣленіе преподаванія въ расписаніи уроковъ на классные и лабораторные часы создало и въ моей головѣ извѣстныя рамки. Баварское учебное управленіе не внесло въ учебный планъ этихъ стѣснительныхъ рамокъ и, слѣдовательно, не создало ихъ въ умахъ своихъ учителей; такимъ образомъ оно обезпечило свободный путь къ выработкѣ наилучшей формы преподаванія физики въ своихъ высшихъ реальныхъ училищахъ. Гибкость, присущая методу сочетанія обоихъ видовъ преподаванія, позволяетъ превзойти почти всѣ трудности первоначальнаго устройства

и оборудованiя, какъ, напримѣръ, недостатокъ рабочихъ мѣстъ въ лабораторiи, учебныхъ средствъ и т. п., и даетъ возможность учителю постепенно приспособиться къ новому методу преподаванiя.

Въ одномъ отношенiи, однако, методъ сочетанiя связываетъ преподавателя. Онъ не допускаетъ „некоординированнаго способа занятiй", при которомъ отдѣльные ученики рѣшаютъ во время практическихъ работъ различныя задачи. Многимъ, которые еще недостаточно знакомы изъ личнаго опыта съ существующими приборами и опытами, кажется, что способъ работы на одинъ фронтъ непримѣнимъ въ высшихъ классахъ; опыты, произведенные въ Берлинской гимназiи на Доротеенштрассѣ и въ высшемъ реальномъ училищѣ въ Уленгорстѣ въ Гамбургѣ, показали, что факты опровергаютъ это мнѣнiе. Напротивъ, соотвѣтственныхъ опытовъ и приборовъ гораздо больше, чѣмъ этого требуетъ школьное преподаванiе, въ особенности нѣтъ недостатка въ болѣе трудныхъ опытахъ. Пристрастiе къ „некоординированному методу работъ", привившемуся въ высшихъ учебныхъ заведенiяхъ, показываетъ, что его сторонники вовсе не обратили вниманiя на то, что въ высшихъ и среднихъ школахъ практическiя занятiя служатъ для совершенно различныхъ цѣлей. Въ лабораторiи высшихъ учебныхъ заведенiй практиканту (здѣсь не приняты въ разсчетъ болѣе успѣшные студенты, ведущiе самостоятельныя изслѣдованiя) въ большинствѣ случаевъ приходится отвѣтить на вопросъ: какова точная величина той или другой постоянной? На ученическихъ упражненiяхъ вопросъ ставится почти всегда такъ: въ какомъ взаимномъ отношенiи находятся тѣ или другiя величины? Такимъ образомъ, обыкновенно приходится отыскивать простой законъ; чаще всего нужно опредѣлить функцiю первой степени, рѣже—второй. Точное опредѣленiе постоянной нерѣдко требуетъ дорогого прибора и тонкаго опыта. Установить же простой законъ можно, напротивъ, въ большинствѣ случаевъ съ самыми простыми и наглядными приспособленiями. Сдѣланные опыты показываютъ, что выполненiе требованiй учебной программы баварскихъ высшихъ реальныхъ училищъ не представляетъ трудностей.

Въ учебномъ планѣ для шести высшихъ классовъ на преподаваніе физики отведено по три часа въ недѣлю. При современномъ преподаваніи физики изученіе любого вопроса производится по слѣдующимъ тремъ ступенямъ: постановка вопроса, рѣшеніе его и оцѣнка. Такъ какъ для рѣшенія вопроса, какъ при помощи демонстративныхъ опытовъ учителя, такъ и ученическихъ практическихъ работъ, часто желательпо располагать двумя послѣдовательными часами, а основательная постановка вопроса и оцѣнка результатовъ требуетъ каждая въ отдѣльности по часу, то для идеальнаго выполненія этого метода преподаванія необходимо располагать четырьмя недѣльными часами въ каждомъ классѣ. Съ этой точки зрѣнія было бы предпочтительнѣе на преподаваніе физики отвести въ пяти высшихъ классахъ по четыре часа въ недѣлю. Но бѣглый взглядъ на расписаніе уроковъ показываетъ, что увеличеніе общаго числа часовъ немыслимо, а уменьшеніе обязательныхъ предметовъ встрѣчаетъ большія трудности. Но и при трехъ недѣльныхъ часахъ можно успѣшно вести преподаваніе физики въ современномъ духѣ; нужно только удѣлить ему, какъ это систематически дѣлалъ Швальбе передъ цѣлымъ поколѣніемъ учащихся въ реальной гимназіи на Доротеенштрассе, два послѣдовательныхъ часа и одинъ отдѣльный часъ. Большинство упражненій, продолжительность которыхъ, впрочемъ, зависитъ въ значительной мѣрѣ отъ самого учителя, можно выполнить въ одинъ часъ, и только нѣкоторые опыты, какъ, напр., съ удѣльною теплотою, скрытою теплотою плавленія и парообразованія, съ тепловыми и химическими дѣйствіями гальваническаго тока, съ колебаніями камертоновъ— требуютъ непремѣнно двухъ часовъ. Между постановкою вопроса и его рѣшеніемъ можетъ пройти болѣе значительный промежутокъ времени, но оцѣнка его должна слѣдовать непосредственно за его рѣшеніемъ. Это необходимо по возможности принять въ разсчетъ при составленіи расписанія уроковъ.

Практическія занятія на одинъ фронтъ идутъ медленнѣе, чѣмъ старое классное преподаваніе. И вотъ напрашивается вопросъ, удастся-ли учителямъ баварскихъ высшихъ реальныхъ училищъ за время, которое можетъ быть удѣ-

лено на преподаваніе физики, достигнуть намѣченныхъ учебнымъ планомъ цѣлей? При составленіи программъ было принято въ разсчетъ то обстоятельство, что новая система требуетъ на прохожденіе курса гораздо больше времени, и что послѣдній долженъ быть уменьшенъ, но, согласно мѣткому выраженію Фишера, преподаваніе отъ этого нисколько не страдаетъ, ибо что проигрывается въ количествѣ изученнаго, то выигрывается въ его качествѣ.

Во всякомъ случаѣ практическія занятія можно вести такъ, что, благодаря ихъ сочетанію съ классньмъ преподаваніемъ, удается двигаться впередъ почти такъ же скоро, какъ и при прежнемъ классномъ преподаваніи. Нужно только незначительно видоизмѣнить способъ работы на одинъ фронтъ и въ соотвѣтственныхъ случаяхъ примѣнять методъ „всесторонняго приступа“ (das Verfahren des allseitigen Angriffs). Я поясню это на нѣкоторыхъ примѣрахъ, сначала на такихъ, гдѣ различныя группы учениковъ рѣшаютъ одновременно на одинаковыхъ приборахъ отдѣльныя части одной и той-же задачи. Въ главной задачѣ ставится вопросъ: как ъ движется простой маятникъ? и задача эта разлагается на три частныхъ задачи:

1. Зависитъ-ли время качанія маятника отъ амплитуды качанія? (1 часъ, 2 ученика).

2. Зависитъ-ли время качанія маятника отъ массы качающагося шара? (1 часъ, 2 ученика).

3. Какое отношеніе между временемъ качанія и длиною маятника? (2 часа, 2 ученика).

При работѣ на одинъ фронтъ, въ настоящемъ смыслѣ этого слова, рѣшеніе этихъ трехъ частныхъ задачъ потребовало-бы четыре часа. При методѣ „всесторонняго приступа“ учениковъ раздѣляютъ на два отдѣленія и каждое изъ нихъ на группы по два ученика. Группы перваго отдѣленія рѣшаютъ первую и вторую частныя задачи одновременно, въ продолженіе тѣхъ-же двухъ часовъ; группа второго отдѣленія—третью задачу. При этомъ группы различныхъ отдѣленій обыкновенно располагаются другъ около друга для того, чтобы они могли знакомиться съ ходомъ опыта своихъ сосѣдей. При оцѣнкѣ и изученіи главной задачи результаты обѣихъ группъ соединяются вмѣстѣ.

Другой примѣръ. Главную задачу: Каковы тепловыя дѣйствія гальваническаго тока? раздѣляютъ на пять частныхъ задачъ.

1. Въ какой зависимости находится количество тепла, образующееся въ проволокѣ при прохожденіи тока, отъ количества протекающаго электричества? (2 часа, 3 ученика).

2. Какая зависимость между количествомъ тепла, образующемся въ проволокѣ при прохожденіи тока, и силою тока? (2 часа, 3 ученика).

3. Въ какой зависимости находится количество тепла, образующееся въ проволокѣ при прохожденіи тока, отъ сопротивленія проволоки? (2 часа, 3 ученика).

4. Въ какой зависимости находится количество тепла, образующееся въ проволокѣ при прохожденіи тока, отъ разницы потенціаловъ на концахъ проволоки? (2 часа, 4 ученика).

5. Какова величина механическаго эквивалента граммъ-калоріи? (2 часа, 3 ученика).

При работѣ на одинъ фронтъ въ настоящемъ ея видѣ для рѣшенія главной задачи требуется десять часовъ, а при предлагаемомъ методѣ, если учениковъ раздѣлить на отдѣленія изъ пяти группъ и назначить группамъ соотвѣтственно ихъ способностямъ болѣе или менѣе трудныя изъ частныхъ задачъ, задачу о тепловыхъ дѣйствіяхъ электрическаго тока можно рѣшить въ два часа. Вопросъ о томъ, можно-ли ставить пятую задачу, или нѣтъ, зависитъ отъ распредѣленія учебнаго матеріала. Такое распредѣленіе занятій даетъ возможность выработать мало по малу въ отдѣльныхъ ученикахъ, благодаря рѣшенію ими отдѣльныхъ задачъ, бóльшую самостоятельность въ предѣлахъ всего изучаемаго ими курса.

Въ этихъ обѣихъ группахъ задачъ ученики работаютъ почти съ одинаковыми приборами. Другое видоизмѣненіе того-же метода позволяетъ рѣшать одну и ту же задачу одновременно различными способами и отчасти съ различными приборами [1]).

---

[1]) Подобнымъ образомъ поступали прежде при некоординированной системѣ работъ и эту систему занятій сохранили даже при работахъ на одинъ фронтъ;

Пусть главная задача будетъ: Провѣрить при помощи наклонной плоскости правильность закона Галилея относительно зависимости между длиною пройденнаго падающимъ тѣломъ пути и временемъ паденія. Заставляютъ одновременно работать по четыремъ методамъ:

1. Опыты безъ измѣренія времени (2 часа, 2 ученика).

2. Измѣреніе временъ паденія для опредѣленныхъ длинъ путей паденія (2 часа, 2 ученика).

3. Измѣреніе длинъ путей паденія при опредѣленныхъ временахъ паденія (2 часа, 5 учениковъ).

4. Опыты съ наклонной плоскостью Дуффа[1]) (2 часа, 1 ученикъ).

При работѣ на одинъ фронтъ въ чистомъ видѣ для изученія всѣхъ этихъ методовъ потребовалось бы восемь часовъ; при приведенномъ методѣ основную задачу рѣшаютъ въ два часа. Этотъ способъ занятій долженъ примѣняться въ случаѣ, если нѣтъ достаточнаго количества одинаковыхъ приборовъ, и въ особенности, если при измѣреніяхъ встрѣчаются затрудненія, мѣшающія точности результатовъ; тогда оказывается полезнымъ заставить учениковъ убѣдиться въ правильности закона посредствомъ совпаденія результатовъ, полученныхъ различными методами.

Другое видоизмѣненіе этого метода занятій примѣняютъ въ томъ случаѣ, когда одна и та-же величина по одному и тому-же методу должна быть измѣрена на различныхъ приборахъ. Такъ, напр., изучаютъ отношеніе длинъ пройденныхъ путей, принципъ работы, треніе и др. при помощи самыхъ разнообразныхъ приспособленій, какъ-то, неподвижнаго и подвижнаго блока, обыкновеннаго и дифференціальнаго полиспаста, винта и др.

За послѣднее время теоретики методики безуспѣшно пытались найти какую-нибудь промежуточную форму между некоординированною системою занятій и работою на одинъ

но въ обоихъ этихъ случаяхъ преслѣдовали другія цѣли и примѣняли другую постановку вопросовъ. Ср. Grimsehl, Ausgewählte physikalische Schülerübungen, 39.

[1]) A. Wilmer Duff, School Science. 7, 141 и 236 (1907).

фронтъ. Настоящее рѣшеніе этой задачи лежитъ въ предложенномъ методѣ, который является непосредственнымъ слѣдствіемъ сочетанія класснаго преподаванія съ лабораторнымъ и который самъ собою напрашивается, когда желаютъ использовать богатый матеріалъ задачъ и приборовъ въ возможно короткій срокъ. Не лишнимъ будетъ обратить вниманіе на то, что этого метода не слѣдуетъ примѣнять въ тѣхъ случаяхъ, когда представляется возможность изъ отдѣльныхъ результатовъ всѣхъ учениковъ класса вывести особенно цѣнную и поучительную среднюю величину. Такую среднюю величину можно создать при посредствѣ соотвѣтственнаго искусственнаго пріема чаще, чѣмъ это можетъ казаться на первый взглядъ. Такъ, напр., пусть искомый законъ выражается формулой $y = f(x)$, при чемъ измѣренію подлежатъ величины x и y; если отдѣльные ученики работаютъ съ различными величинами x, то полученныя величины y не могутъ быть сравнены другъ съ другомъ. Но если ихъ заставить вычислять не только $f(x)$, но и $\Delta = y - f(x)$ и изъ полученныхъ разницъ образовать среднюю величину, то послѣдняя должна мало отличаться отъ нуля. Въ общемъ можно сказать, что работа на одинъ фронтъ, если ее видоизмѣнить въ соотвѣтственныхъ случаяхъ при помощи метода „всесторонняго приступа“, отвѣчаетъ всѣмъ требованіямъ дешевизны и, при сочетаніи класснаго преподаванія съ лабораторнымъ, позволяетъ идти впередъ почти такъ-же скоро, какъ при старомъ чисто демонстраціонномъ способѣ.

Переполненіе среднихъ классовъ является серьезнымъ препятствіемъ къ правильному преподаванію. При соотвѣтственныхъ размѣрахъ лабораторнаго помѣщенія и достаточной сноровкѣ учителя удается въ высшихъ классахъ, ученики которыхъ обладаютъ уже хорошей практической подготовкой, вести успѣшно занятія и съ бóльшимъ количествомъ учениковъ, и для этого требуется только достаточное количество приборовъ. Но какъ разъ эти классы въ большинствѣ случаевъ сравнительно малолюдны въ то время, какъ средніе классы, въ которыхъ можно заниматься только небольшими группами, обыкновенно переполнены. Если число учениковъ въ любомъ изъ среднихъ классовъ больше двадцати, то необходимо настаивать на дѣленіи класса на

группы. Это разумѣется сопряжено съ большими трудностями при составленiи расписанiя уроковъ, но Швальбе[1]) показалъ, что трудности эти можно до извѣстной степени обойти. Впрочемъ, не только преподаванiе физики, но и преподаванiе новыхъ языковъ требуетъ на низшей и средней ступени небольшаго количества учениковъ. Въ баварскихъ высшихъ реальныхъ училищахъ слѣдуетъ принять еще въ расчетъ еще то обстоятельство, что въ пятомъ классѣ тамъ начинается преподаванiе англiйскаго языка. Въ реальной гимназiи на Доротеенштрассе назначается иногда въ одинъ и тотъ же часъ физика и гимнастика, пѣнiе, рисованiе или Законъ Божiй, и тогда образуются по физикѣ группы изъ тѣхъ учениковъ, которые не изучаютъ приведенныхъ предметовъ, или-же въ случаѣ Закона Божiя изъ учениковъ одного и того-же вѣроисповѣданiя.

Большое влiянiе на практическiя занятiя оказываетъ выборъ матерiала, поэтому весьма желательно, чтобы учебныя задачи предписывались въ самомъ общемъ видѣ. Учебные планы баварскихъ высшихъ реальныхъ училищъ весьма разумно предоставляютъ учителямъ полную свободу при веденiи практическихъ занятiй; въ нихъ указаны только тѣ отдѣлы физики, при прохожденiи которыхъ практическiя занятiя особенно желательны и поучительны. Учебные планы являются всегда результатомъ компромиссовъ, и поэтому въ нихъ всегда будетъ много слабыхъ мѣстъ, которыя могутъ быть устранены только впослѣдствiи предоставленiемъ учителямъ полной свободы и возложенiемъ на нихъ отвѣтственности за отступленiя. Новый баварскiй учебный планъ по физикѣ уже наброшенъ въ общихъ чертахъ. Онъ расходится часто со старымъ, чисто систематическимъ, распредѣленiемъ матерiала. Нужно упомянуть, что физика начинается ученiемъ о теплотѣ; въ четвертомъ классѣ, въ которомъ начинается преподаванiе физики, должна разсматриваться уже удѣльная теплота, моменты вращенiя, капиллярность, крученiе. Удастся-ли это учителю? Слабое мѣсто плана составляетъ положенiе механики. Здѣсь слѣдовало-бы иначе распредѣлить учебный матерiалъ. Въ пятомъ классѣ при практи-

[1]) Abhandl. z. Didaktik u. Philosophie der Naturw. 1. 299.

ческихъ занятіяхъ электростатика представитъ не мало затрудненій. Качественныхъ упражненій въ этой области больше, чѣмъ достаточно, но измѣрительныхъ опытовъ на этой ступени преподаванія нельзя еще провести. Къ тому-же при работѣ на одинъ фронтъ здѣсь ощущается недостатокъ соотвѣтственныхъ приборовъ. Для некоординированной системы работъ мы какъ разъ въ этой области обязаны Карлу Ноаку [1]) прекрасными опытами и приборами. Напротивъ, магнитныя и гальваническія измѣренія могутъ быть проведены сравнительно съ малою затратою средствъ. Въ девятомъ классѣ высшихъ реальныхъ училищъ упражненія по динамикѣ представятъ нѣкоторыя затрудненія. Въ общемъ динамика вмѣстѣ съ электростатикой являются самыми трудными областями для раціональнаго проведенія практическихъ занятій. При изученіи поступательныхъ движеній затрудненія встрѣчаются при измѣреніи малыхъ промежутковъ времени. Здѣсь слѣдуетъ рекомендовать примѣненіе самопишущихъ приборовъ и камертоновъ, но для этого ихъ нужно видоизмѣнить и перестроить такъ, чтобы вмѣстѣ съ дешевизною достигнуть возможно точной ихъ установки въ продолженіи короткаго времени, напр. пяти минутъ. Общихъ законовъ динамики, какъ напр. $F = mb$ и $^1/_2\, mv^2 = Fl$, разумѣется ученики не могутъ вывести самостоятельно на практическихъ занятіяхъ; здѣсь недостаетъ еще простыхъ задачъ, допускающихъ примѣненія общихъ законовъ Очень легкими и полезными являются, однако, задачи на колебанія и на вращеніе тѣлъ вокругъ неподвижной оси. Трудности динамики обусловлены особенными причинами, на которыя слѣдуетъ обратить вниманіе. Возможность ученическихъ упражненій составляетъ наилучшій критерій для сужденія о томъ, играла-ли теорія, или опытъ преимущественную роль при развитіи разсматриваемыхъ областей физики. Тѣми изъ нихъ, которыя развились подъ вліяніемъ теоретическихъ разсужденій, очень трудно воспользоваться непосредственно для ученическихъ упражненій. И въ самомъ дѣлѣ, динамика въ томъ видѣ, какъ она преподается въ школѣ, состоитъ изъ

---

[1]) Leifaden f. physik. Schülerübungen. Berlin. Springer (1892). Aufgaben f. physik. Schülerübungen. Berlin. Springer (1905). Elementare Messungen aus der Elektrostatik. Abhandl. z. Didaktik u. Philos. d. Naturw. 2. 1 (1906).

теоремъ, построенныхъ и развитыхъ чисто теоретически на основанiи весьма скуднаго экспериментальнаго матерiала.

Къ учебнымъ планамъ баварскихъ высшихъ реальныхъ училищъ проф. Карлъ Т. Фишеръ написалъ весьма мѣткiя объясненiя [1]); въ нихъ, однако, нѣкоторыя историческiя свѣдѣнiя переданы не вполнѣ вѣрно. Такъ, напр., онъ не упоминаетъ о выдающейся дѣятельности Швальбе и приписываетъ добытые его опытомъ выводы, приспособленiя и прiемы другимъ лицамъ. Вѣдь ученическiя упражненiя въ низшихъ классахъ введены не „только въ самое послѣднее время въ Гамбургѣ", а Швальбе ввелъ ихъ уже въ реальной гимназiи на Доротеенштрассе въ 1891 году.

Въ нѣсколькихъ словахъ я обращу вниманiе еще на нѣкоторыя подробности. Нельзя рекомендовать, подобно тому, какъ это практикуется въ Америкѣ, систематически искать источниковъ ошибокъ и выражать въ процентахъ уклоненiя отдѣльныхъ наблюденiй отъ средней величины. Ученику въ общемъ мало пользы отъ такихъ вычисленiй. Главная задача состоитъ въ томъ, чтобы онъ изъ своего опыта вынесъ убѣжденiе, что, несмотря на незначительныя отклоненiя, вызванныя неизбѣжными ошибками наблюденiя, выведенный имъ законъ вполнѣ отвѣчаетъ дѣйствительности. Правильная оцѣнка точности наблюденныхъ данныхъ у начинающаго ученика зависитъ отъ математической подготовки и поэтому не можетъ быть ему внушена на практическихъ занятiяхъ. Учителю постоянно приходится объяснять ученику, что точность его результатовъ зависитъ отъ тонкости приборовъ, а не отъ лишнихъ вычисленныхъ имъ десятичныхъ знаковъ, и что вычислять знаки, не имѣющiе никакого физическаго смысла, это только пустая трата труда и времени. Но даже если ученикъ привыкъ къ сознательному вычисленiю и оцѣнкѣ результатовъ своихъ наблюденiй, онъ все таки судитъ о томъ, совпадаетъ-ли, или не совпадаетъ данный законъ, на основанiи извѣстнаго скрытаго чувства, на которое нельзя не обратить вниманiя. Такъ, онъ считаетъ 105 и 106 совпадающими числами, однако, при числахъ 0,00105 и 0,00106 совпаденiе кажется ему гораздо

[1]) Bayr. Zeitschr. für Realschulwesen. 15, 161 (1907).

лучшимъ. Для насъ учителей дѣло сводится въ началѣ къ психологическому дѣйствію полученныхъ результатовъ, и только тогда, когда ученики по собственному почину, или же по незамѣтному побужденію со стороны учителя заводятъ между собою споръ о точности своихъ результатовъ, является подходящій моментъ для нагляднаго вычисленія процентной точности. Въ высшихъ классахъ при рѣшеніи нѣкоторыхъ вопросовъ слѣдуетъ всегда направлять умы учениковъ на разрѣшеніе вопроса, находятся ли точности различныхъ измѣреній въ соотвѣтственномъ отношеніи другъ къ другу.

Въ Берлинской реальной гимназіи на Доротеенштрассе ученики привлекались къ уборкѣ приборовъ; но вынесенный мною опытъ сдѣлалъ меня явнымъ противникомъ этого метода. Во время упражненій бываетъ весьма мало боя и порчи приборовъ, но несравненно больше во время уборки, поэтому учитель долженъ всегда убирать приборы самъ. Но и въ послѣднемъ случаѣ находятся любезные помощники, которые, желая облегчить ему эту работу, ставятъ часто приборы не на свое мѣсто въ то время, когда онъ занятъ другимъ дѣломъ. Уборка вѣсовъ и приспособленій съ коконовыми нитями обходится иногда слишкомъ дорого.

Баварское министерство народнаго просвѣщенія поручило проф. Карлу Т. Фишеру чтеніе спеціальнаго курса для учителей физики новыхъ баварскихъ реальныхъ училищъ, желая ознакомить послѣднихъ съ новыми методами и вспомогательными средствами преподаванія. Нашимъ баварскимъ коллегамъ предстоитъ теперь привлекательная дѣятельность, результаты которой будутъ несомнѣнно блестящіе, и намъ остается пожелать имъ отъ всего сердца полнаго успѣха!

Берлинъ.

Фотографированіе невидимыми лучами по способу проф. Р. Вуда.

Ф. Фноре.

Профессоръ экспериментальной физики въ университетѣ Джона Гопкинса, Робертъ Виллльямсъ Вудъ, извѣстный ученому міру своими высоко-цѣнными работами, придумалъ приспособленіе, позволяющее дѣйствовать на фотографическую пластинку исключительно невидимыми лучами спектра. При этомъ получаются любопытныя изображенія, съ совершенно неожиданнымъ распредѣленіемъ бѣлаго и чернаго цвѣтовъ.

Теорія этого способа проста. Давно уже извѣстно, что нашъ глазъ воспринимаетъ лишь часть лучей, посылаемыхъ солнцемъ, или какимъ-нибудь другимъ источникомъ свѣта. На ряду съ видимыми цвѣтами спектра существуютъ и другіе лучи; оставаясь невидимыми, они, тѣмъ не менѣе, даютъ о себѣ знать путемъ вызываемыхъ ими химическихъ и тепловыхъ эффектовъ.

Спектръ даетъ намъ семь слѣдующихъ цвѣтовъ, считая слѣво направо: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синій, фіолетовый.

За фіолетовымъ цвѣтомъ находится совершенно темная область такъ называемыхъ ультра-фіолетовыхъ лучей, обладающихъ большой химической энергіей. Они прежде всѣхъ другихъ дѣйствуютъ на фотографическую пластинку; они, кромѣ того, отличаются и стерилизующей силой.

На другомъ концѣ спектра мы видимъ красные лучи, обладающіе минимальнымъ химическимъ и максимальнымъ тепловымъ дѣйствіемъ. По ту сторону этихъ лучей, въ области такъ называемыхъ инфра-красныхъ лучей, эта особенность проявляется еще въ большей степени.

Имѣя въ виду какъ это, такъ и обратное распредѣленіе бѣлаго и чернаго цвѣтовъ на негативахъ, мы можемъ объяснить себѣ отчасти то, что обыкновенная фотографическая пластинка при нормальной продолжительности экспозиціи даетъ позитивное изображеніе, на которомъ красныя и фіолетовыя части предмета являются соотвѣтственно черными и бѣлыми.

Шееле еще въ 1781 году нашелъ, что хлористое серебро чернѣетъ, если его помѣстить въ той части спектра, которая находится за видимыми фіолетовыми лучами. Было также замѣчено, что въ ртутномъ термометрѣ, помѣщенномъ въ невидимой части инфра-красныхъ лучей, столбикъ поднимается кверху.

Теперь становится понятнымъ, что, если-бы нашъ глазъ былъ иначе устроенъ и былъ чувствителенъ только къ инфра-краснымъ или ультра-фіолетовымъ лучамъ, то наши воспріятія были бы совершенно другими сравнительно съ существующими. Въ первомъ случаѣ бѣлое казалось бы намъ чернымъ, а во второмъ—оконныя стекла казались бы намъ непрозрачными, какъ если-бы они были изъ листового желѣза, и это потому, что ультра-фіолетовые лучи не проходятъ черезъ обыкновенное стекло.

Фотографическіе снимки проф. Вуда показываютъ намъ предметы какъ-разъ такими, какими мы видѣли бы ихъ въ этихъ новыхъ условіяхъ.

Вотъ пейзажъ (фиг. 1), который снятъ при полномъ солнечномъ освѣщеніи, и на которомъ деревья и зелень вышли бѣлыми на черномъ фонѣ неба; этотъ пейзажъ производитъ впечатлѣніе какъ будто снятаго при свѣтѣ луны.

Чтобы получить такой результатъ, проф. Вудъ помѣщалъ передъ объективомъ своего аппарата экранъ, составленный изъ двухъ стеклянныхъ пластинокъ очень темнаго голубого кобальтоваго цвѣта, между которыми былъ заключенъ, насыщенный растворъ двухромокислаго калія; впрочемъ, растворъ этотъ можетъ быть замѣненъ и растворами соотвѣтственныхъ анилиновыхъ красокъ. Экранъ пропускаетъ только невидимые инфра-красные лучи и небольшую часть самыхъ крайнихъ видимыхъ красныхъ лучей. Вслѣдствіе этого попавшіе черезъ объективъ на фотографическую пла-

стинку свѣтовые лучи раздѣляются на двѣ части: съ одной стороны—инфра-красные лучи, совершенно отъ насъ ускользающіе; съ другой—слабо видимые красные лучи, посылаемые въ безконечно-маломъ количествѣ хлорофилломъ растеній; вмѣстѣ съ зелеными лучами, идущими отъ листвы, эти красные лучи получаютъ на снимкѣ неожиданную свѣтовую яркость.

Темный цвѣтъ неба на снимкахъ тоже легко объясняется: небо кажется намъ голубого цвѣта вслѣдствіе того, что атмосфера разсѣиваетъ видимыя свѣтовыя волны такъ же, какъ туманъ разсѣиваетъ свѣтъ рефлектора. Инфра-красные лучи проходятъ черезъ эту атмосферу безпрепятственно, и если-бы наши глаза были чувствительны только къ этимъ лучамъ, то южное небо казалось бы намъ чернымъ.



Фиг. 1.

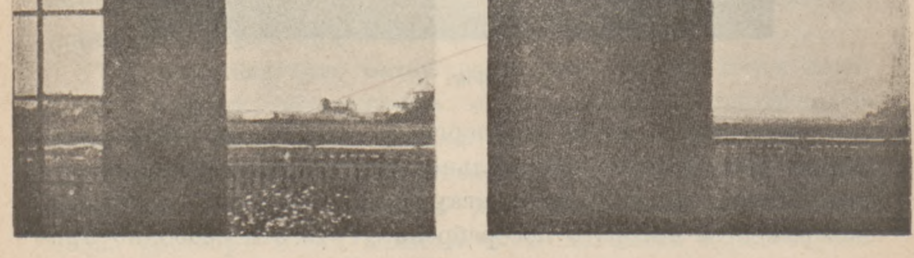
Для того, чтобы подвергнуть фотографическую пластинку дѣйствію исключительно ультра-фіолетовыхъ лучей, проф. Вудъ употребляетъ кварцевый объективъ, одна изъ поверхностей котораго посеребрена. Лучи эти свободно проходятъ черезъ кварцъ и тонкій слой серебра, тогда какъ стекломъ они были бы задержаны; наоборотъ, серебро отражаетъ, а слѣдовательно, и задерживаетъ всѣ остальные лучи, проходящіе черезъ кварцъ.

Наши снимки показываютъ разницу, обнаруживающуюся при сравненіи съ обыкновенными фотографическими снимками. На одномъ изъ нихъ (фиг. 2) человѣкъ, „созерцающій природу“, оказался лишеннымъ своей собственной тѣни. Это должно быть приписано тому, что количество ультра-фіолетовыхъ лучей, разсѣянныхъ атмосферой и въ особенности парами воды, взвѣшенными въ воздухѣ, почти равно количеству, посылаемому непосредственно солнцемъ.



Фиг. 2.

Контрастъ между двумя послѣдними снимками (фиг. 3) получается главнымъ образомъ вслѣдствіе непрозрачности стекла по отношенію къ ультра-фіолетовымъ лучамъ. Сверхъ



Фиг. 3.

того, замѣчается исчезновеніе бѣлыхъ вѣнчиковъ цвѣтовъ. Эта деталь подтверждаетъ фактъ, который сталъ извѣстнымъ

уже нѣсколько лѣтъ тому назадъ: мѣста, покрытыя бѣлой тушью при растушированіи фотографическихъ снимковъ, при репродукціи пріобрѣтаютъ довольно темный сѣрый оттѣнокъ, если электрическія дуги, которыми пользуются для ихъ освѣщенія, испускаютъ свѣтъ, содержащій большое количество ультра-фіолетовыхъ лучей.

Парижъ.

Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ.

13. Вліяніе погрѣшностей наблюденій на окончательный результатъ.

На страницахъ „Физическаго Обозрѣнія“ былъ изложенъ простой способъ вычисленія относительныхъ погрѣшностей результата [1]), который можетъ примѣняться лишь при томъ условіи, если зависимость между вычисляемой величиной y и измѣряемой x представляется въ формѣ:

$$y = cx^n, \tag{1}$$

гдѣ c не содержитъ x, а зависитъ отъ какихъ-либо постоянныхъ параметровъ или отъ другихъ измѣряемыхъ величинъ.

Въ этомъ случаѣ относительная ошибка результата $\frac{\delta y}{y}$ равна относительной ошибкѣ измѣряемой величины $\frac{\delta x}{x}$, умноженной на показатель степени n:

$$\frac{\delta y}{y} = n \frac{\delta x}{x}. \tag{2}$$

Если зависимость y отъ каждой изъ нѣсколькихъ измѣряемыхъ величинъ принадлежитъ къ типу (1), другими словами, если y представляется произведеніемъ степеней величинъ x_1, x_2, x_3 . . . . :

$$y = Ax_1^{n_1} x_2^{n_2} x_3^{n_3} \ldots, \tag{3}$$

гдѣ A, n_1, n_2, n_3 и т. д. нѣкоторыя постоянныя, то частныя относительныя погрѣшности величины y, зависящія отъ не-

---

[1]) В. К. Роше. Погрѣшности измѣреній и ихъ вліяніе на окончательный результатъ. „Физическое Обозрѣніе, 1910 г.. стр. 167.

точности каждой изъ измѣряемыхъ величинъ въ отдѣльности, могутъ быть вычислены по формулѣ (2):

$$\frac{\delta y}{y}(x_1) = n_1 \frac{\delta x_1}{x_1},$$
$$\frac{\delta y}{y}(x_2) = n_2 \frac{\delta x_2}{x_2} \text{ и т. д.,} \tag{4}$$

причемъ предполагается, что каждый разъ измѣняется лишь одна изъ независимыхъ перемѣнныхъ, всѣ же остальныя остаются неизмѣнными.

Если погрѣшности δx_1, $\delta x_2 \ldots$ настолько малы, что вторыми степенями и произведеніями ихъ можно пренебрегать (а такое предположеніе и лежитъ въ основѣ всѣхъ нашихъ выводовъ, между прочимъ и вывода формулы [2]), то полная относительная погрѣшность результата при одновременномъ измѣненіи всѣхъ независимыхъ перемѣнныхъ будетъ равна суммѣ частныхъ погрѣшностей:

$$\frac{\delta y}{y} = \frac{\delta y}{y}(x_1) + \frac{\delta y}{y}(x_2) + \frac{\delta y}{y}(x_3) + \ldots,$$

или

$$\frac{\delta y}{y} = n_1 \frac{\delta x_1}{x_1} + n_2 \frac{\delta x_2}{x_2} + n_3 \frac{\delta x_3}{x_3} + \ldots \tag{5}$$

Въ зависимости отъ знаковъ величинъ n, x и δx частныя погрѣшности $\frac{\delta y}{y}(x_1)$, $\frac{\delta y}{y}(x_2)$ и т. д. могутъ быть и положительными, и отрицательными. Въ качествѣ ошибокъ измѣреній δx мы разсматриваемъ исключительно ошибки случайныя, которыя съ одинаковой вѣроятностью могутъ быть и больше, и меньше нуля. Поэтому, каковы-бы ни были знаки коэффиціентовъ при δx_1, δx_2 и т. д. въ выраженіи (5), всегда возможенъ такой подборъ знаковъ у δx_1, δx_2 и т. д., при которомъ всѣ частныя погрѣшности войдутъ въ (5) съ одинаковыми знаками.

Разыскивая наибольшую величину возможной ошибки результата, мы всегда и предполагаемъ этотъ наиболѣе неблагопріятный случай и, поэтому, при вычисленіи δy беремъ

с у м м у а б с о л ю т н ы х ъ величинъ частныхъ погрѣшностей, совершенно не обращая вниманія на ихъ знаки.

Этотъ методъ непосредственнаго нахожденія о т н о с и т е л ь н о й погрѣшности результата, развитый въ цитированной выше статьѣ, прилагается непосредственно, какъ уже сказано, лишь къ зависимостямъ типа (3), которыя очень часто всрѣчаются при физическихъ измѣреніяхъ; но, пожалуй, не менѣе часто, даже при постановкѣ элементарныхъ работъ по физикѣ, приходится имѣть дѣло съ нѣсколько болѣе сложными формулами, когда результатъ представляется въ видѣ произведенія степеней суммъ или разностей измѣряемыхъ количествъ:

$$y = A\ (x_1 \pm x_2)^n\ (x_3 \pm x_4)^m\ (x_5 \pm x_6)^p \ldots\ldots, \qquad (6)$$

гдѣ x_1, x_2, x_3... величины, находимыя изъ измѣреній; A, n, m, p....—нѣкоторыя постоянныя, которыя могутъ быть положительными или отрицательными, цѣлыми или дробными.

Цѣлью настоящей замѣтки является распространить простой способъ расчета максимальныхъ погрѣшностей результата и на эти, весьма часто встрѣчающіеся, случаи.

1. Допустимъ сначала, что каждая изъ независимыхъ перемѣнныхъ x_1, x_2, x_3 и т. д. входитъ только въ одинъ изъ множителей зависимости (6).

Положивъ:

$$x_1 \pm x_2 = z_1,$$

$$x_3 \pm x_4 = z_2,$$

$$x_5 \pm x_6 = z_3 \text{ и т. д.},$$

находимъ

$$y = A\, z_1^n\, z_2^m\, z_3^p \ldots..$$

Такъ какъ зависимость y отъ величинъ: z_1, z_2, z_3... принадлежитъ къ типу (3), то относительныя ошибки y, зависящія отъ погрѣшностей величинъ z_1, z_2, z_3..., могутъ быть вычислены по формуламъ (4):

$$\frac{\delta\, y}{y}(z_1) = n\ \frac{\delta z_1}{z_1},$$

$$\frac{\delta y}{y}(z_2) = m \frac{\delta z_2}{z_2} \text{ и т. д.},$$

гдѣ δz_1, δz_2 и т. д. суть максимальныя возможныя погрѣшности величинъ z_1, z_2 и т. д.

Погрѣшность δz_1 зависитъ отъ погрѣшностей величинъ x_1 и x_2, находимыхъ путемъ измѣреній; обозначивъ эти погрѣшности черезъ δx_1 и δx_2, находимъ:

$$z_1 + \delta z_1 = x_1 + \delta x_1 \pm (x_2 + \delta x_2),$$

откуда:

$$\delta z_1 = \delta x_1 \pm \delta x_2.$$

Величины δx_1 и δx_2 могутъ быть положительными или отрицательными; наибольшая возможная ошибка δz_1 по абсолютной величинѣ равна, очевидно, суммѣ абсолютныхъ величинъ максимальныхъ погрѣшностей наблюденій:

$$\delta z_1 = \delta x_1 + \delta x_2.$$

Такимъ образомъ:

$$\frac{\delta y}{y}(z_1) = n\frac{\delta z_1}{z_1} = n\frac{\delta x_1 + \delta x_2}{x_1 \pm x_2},$$

откуда:

$$\frac{\delta y}{y}(x_1) = n\frac{\delta x_1}{x_1 \pm x_2}$$

и (7)

$$\frac{\delta y}{y}(x_2) = n\frac{\delta x_2}{x_1 \pm x_2},$$

гдѣ

$$\frac{\delta y}{y}(x_1) \text{ и } \frac{\delta y}{y}(x_2)$$

означаютъ максимальныя относительныя погрѣшности результата, зависящія отъ неточности измѣренія величинъ x_1 и x_2.

Точно такимъ же образомъ находимъ:

$$\frac{\delta y}{y}(x_3) = m\frac{\delta x_3}{x_3 \pm x_4},$$

$$\frac{\delta y}{y}(x_4) = m\frac{\delta x_4}{x_3 \pm x_4},$$

$$\frac{\delta y}{y}(x_5) = p\frac{\delta x_5}{x_5 \pm x_6} \text{ и т. д.}$$

Полная максимальная погрѣшность результата $\frac{\delta y}{y}$ равна суммѣ абсолютныхъ величинъ найденныхъ частныхъ погрѣшностей:

$$\frac{\delta y}{y} = \frac{\delta y}{y}(x_1) + \frac{\delta y}{y}(x_2) + \frac{\delta y}{y}(x_3) + \ldots.. =$$

$$= n\,\frac{\delta x_1}{x_1 \pm x_2} + n\,\frac{\delta x_2}{x_1 \pm x_2} + m\,\frac{\delta x_3}{x_3 \pm x_4} + \ldots$$

2. Особое вниманіе необходимо обратить на тѣ случаи, когда одна и та же независимая перемѣнная x входитъ въ два или нѣсколько множителей зависимости (6), такъ какъ эти именно случаи наиболѣе часто встрѣчаются на практикѣ.

Допустимъ, что

$$y = A(x_1 \pm x)^n\,(x_2 \pm x)^m\,(x_3 \pm x_4)^p \ldots \qquad (8)$$

Обозначивъ:

$$x_1 \pm x = z_1,$$
$$x_2 \pm x = z_2,$$
$$x_3 \pm x_4 = z_3 \text{ и т. д.,}$$

находимъ:

$$y = A z_1^n\, z_2^m\, z_3^p \ldots$$

Если независимыя перемѣнныя: x, x_1, x_2, x_3 и т. д. измѣнятся соотвѣтственно на δx, δx_1, δx_2 и т. д., то величины z_1, z_2, z_3 и т. д., также получатъ соотвѣтствующія приращенія:

$$\delta z_1 = \delta x_1 \pm \delta x,$$
$$\delta z_2 = \delta x_2 \pm \delta x,$$
$$\delta z_3 = \delta x_3 \pm \delta x_4 \text{ и т. д.}$$

Относительное приращеніе результата, по прежнему, будетъ равно:

$$\frac{\delta y}{y} = n\,\frac{\delta z_1}{z_1} + m\,\frac{\delta z_2}{z_2} + p\,\frac{\delta z_3}{z_3} + \ldots,$$

или:

$$\frac{\delta y}{y} = n\,\frac{\delta x_1 \pm \delta x}{x_1 \pm x} + m\,\frac{\delta x_2 \pm \delta x}{x_2 \pm x} + p\,\frac{\delta x_3 \pm \delta x_4}{x_3 \pm x_4} + \ldots. \qquad (9)$$

Частныя относительныя измѣненія, или погрѣшности результата, зависящія отъ неточности отдѣльныхъ измѣряемыхъ величинъ, находимъ изъ (9):

$$\frac{\delta y}{y}(x) = \pm n \frac{\delta x}{x_1 \pm x} \pm m \frac{\delta x}{x_2 \pm x}; \qquad (10)$$

$$\frac{\delta y}{y}(x_1) = n \frac{\delta x_1}{x_1 \pm x};$$

$$\frac{\delta y}{y}(x_2) = m \frac{\delta x_2}{x_2 - x}; \qquad (11)$$

$$\frac{\delta y}{y}(x_3) = p \frac{\delta x_3}{x_3 \pm x_4} \text{ и т. д.}$$

Такимъ образомъ, относительная погрѣшность результата, зависящая отъ δx, состоитъ изъ двухъ слагаемыхъ:

$$\frac{\delta' y}{y}(x) = \pm n \frac{\delta x}{x_1 \pm x}$$

и

$$\frac{\delta'' y}{y}(x) = \pm m \frac{\delta x}{x_2 \pm x}, \qquad (12)$$

которыя вычисляются совершенно такъ, какъ частныя погрѣшности, зависящія отъ неточности различныхъ, независимыхъ другъ отъ друга величинъ. Но при вычисленіи всей ошибки $\frac{\delta y}{y}(x)$ по формулѣ (10) мы уже не можемъ по прежнему брать всегда с у м м у абсолютныхъ величинъ частныхъ погрѣшностей (12), такъ какъ обѣ эти погрѣшности зависятъ отъ одной и той же величины δx и войдутъ въ (10) со знаками одинаковыми или противоположными въ зависимости отъ знаковъ коэффиціентовъ при δx въ выраженіи (10). Въ случаѣ одинаковыхъ знаковъ у этихъ коэффиціентовъ необходимо, вычисляя $\frac{\delta y}{y}(x)$, взять сумму, въ случаѣ противоположныхъ знаковъ—разность абсолютныхъ величинъ погрѣшностей (12). Положительный знакъ у коэффиціента при δx въ одномъ изъ выраженій (12) показываетъ, очевидно, что при опредѣленномъ измѣненіи x въ одномъ изъ множи-

телей зависимости (8), величина y мѣняется въ томъ же направленіи, т. е. при увеличеніи x увеличивается и y и наоборотъ; отрицательный знакъ при томъ же коэффиціентѣ указываетъ, что при возрастаніи x въ данномъ множителѣ y убываетъ и наоборотъ.

Въ виду этого на практикѣ, вычисляя $\frac{\delta y}{y}(x)$, мы можемъ пользоваться слѣдующимъ простымъ и удобнымъ пріемомъ: по виду зависимости (8) въ каждомъ частномъ случаѣ мы безъ всякаго труда заключаемъ, будутъ ли измѣненія величины y, соотвѣтствующія одному и тому же измѣненію величины x въ первомъ и второмъ множителяхъ, имѣть знаки: 1) одинаковые или 2) противоположные, и, сообразно съ этимъ, беремъ при вычисленіи $\frac{\delta y}{y}(x)$ въ первомъ случаѣ сумму, а во второмъ разность абсолютныхъ величинъ частныхъ погрѣшностей (12).

Вычисливъ затѣмъ частныя относительныя погрѣшности, зависящія отъ неточности остальныхъ измѣряемыхъ величинъ (11), мы къ абсолютной величинѣ погрѣшности $\frac{\delta y}{y}(x)$ прибавляемъ абсолютныя величины этихъ послѣднихъ и находимъ такимъ образомъ полную максимальную ошибку результата:

$$\frac{\delta y}{y} = \frac{\delta y}{y}(x) + \frac{\delta y}{y}(x_1) + \frac{\delta y}{y}(x_2) + \ldots \qquad (13)$$

Этотъ пріемъ, который позволяетъ намъ и въ случаяхъ, подобныхъ (8), находить непосредственно относительныя ошибки результата такъ-же просто, какъ и въ простѣйшихъ случаяхъ, разобранныхъ въ предыдущей статьѣ, изложенъ нами въ предположеніи, что только два множителя произведенія (8) содержатъ одну и ту же перемѣнную x. Очевидно, что тотъ же пріемъ можетъ быть примѣненъ и къ случаю какого угодно числа такихъ множителей; останавливаться на этомъ подробнѣе въ настоящей статьѣ мы не будемъ.

Для поясненія изложеннаго разберемъ нѣсколько примѣровъ [1]).

Примѣръ 1. Опредѣленіе относительной плотности латуни при помощи гидростатическаго взвѣшиванія [2]).

$$\Delta = \frac{p}{p-q}. \tag{14}$$

$$p=37{,}89 \text{ гр.}, \quad q=33{,}40 \text{ гр.}$$
$$\delta p = \delta q = 0{,}01 \text{ гр.}$$

Зависимость (14):

$$\Delta = \frac{p}{p-q} = p\,(p-q)^{-1}$$

принадлежитъ къ типу (8).

На основаніи (11) и (12) находимъ частныя относительныя ошибки результата, зависящія отъ погрѣшностей величинъ p и q, не обращая вниманія на знаки:

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(q) = \frac{\delta q}{p-q},$$
$$\frac{\delta'\Delta}{\Delta}(p) = \frac{\delta p}{p},$$
$$\frac{\delta''\Delta}{\Delta}(p) = \frac{\delta p}{p-q}.$$

Однѣ и тѣ же измѣненія величины p въ числителѣ и знаменателѣ выраженія (14) обусловливаютъ противоположныя по знаку измѣненія результата; поэтому максимальная относительная ошибка результата, зависящая отъ неточности измѣренія величины p, представится абсолютной величиной разности абсолютныхъ величинъ частныхъ погрѣшностей:

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(p) = \pm\left(\frac{\delta p}{p} - \frac{\delta p}{p-q}\right) = \pm\left(\frac{0{,}01}{37{,}89} - \frac{0{,}01}{4{,}49}\right) = 0{,}0019.$$

Относительная погрѣшность разультата, зависящая отъ δq:

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(q) = \frac{\delta q}{p-q} = \frac{0{,}01}{4{,}49} = 0{,}0022.$$

---

[1]) Данныя для примѣровъ заимствованы изъ статьи С. П. Слѣсаревскаго, напечатанной въ „Физическомъ Обозрѣніи“ въ 1910 г.

[2]) „Физическое Обозрѣніе“, 1910 г., стр. 251.

Полная погрѣшность результата:

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}=\frac{\delta\Delta}{\Delta}(p)+\frac{\delta\Delta}{\Delta}(q)=0{,}0019+0{,}0022=0{,}0041.$$

Примѣръ 2. Опредѣленіе тѣмъ же методомъ относительной плотности денатурированнаго спирта [1]).

$$\Delta=\frac{p-q_1}{p-q};$$

$$p=38{,}70\text{ гр.},\ q=22{,}78\text{ гр.},\ q_1=25{,}59\text{ гр.}$$
$$\delta p=\delta q=\delta q_1=0{,}01\text{ гр.}$$

Попрежнему находимъ:

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(q)=\frac{\delta q}{p-q}=\frac{0{,}01}{15{,}92}=0{,}0006;$$

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(q_1)=\frac{\delta q_1}{p-q_1}=\frac{0{,}01}{13{,}11}=0{,}0008;$$

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(p)=\pm\left(\frac{\delta p}{p-q_1}-\frac{\delta p}{p-q}\right)=\pm\left(\frac{0{,}01}{13{,}11}-\frac{0{,}01}{15{,}92}\right)=0{,}0002;$$

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}=0{,}0006+0{,}0008+0{,}0002=0{,}0016.$$

Примѣръ 3. Измѣреніе тѣмъ же методомъ относительной плотности твердаго тѣла (парафина), менѣе плотнаго чѣмъ вода [2]).

$$\Delta=\frac{P-p}{P-Q-(p-q)}=\frac{P-p}{P-p-(Q-q)}.$$

Обозначивъ: $P-p=R$ и $Q-q=r$, находимъ:

$$\Delta=\frac{R}{R-r},$$

гдѣ R и r независимыя другъ отъ друга перемѣнныя. Такимъ образомъ, этотъ случай сводится къ разобранному уже въ примѣрѣ 1.

$$P=67{,}80\text{ гр.},\ Q=22{,}38\text{ гр.},$$
$$p=31{,}00\text{ гр.},\ q=27{,}05\text{ гр.}$$

---

[1]) „Физическое Обозрѣніе“, 1910 г., стр. 253.

[2]) „Физическое Обозрѣніе“, 1910 г., стр. 252.

$$\delta P = \delta Q = \delta p = \delta q = 0{,}01 \text{ гр.}$$
$$R = 36{,}80 \text{ гр.}, \quad r = -4{,}67 \text{ гр.}$$

Максимальныя возможныя ошибки величинъ R и r равны:

$$\delta R = \delta P + \delta p = 0{,}02 \text{ гр.},$$
$$\delta r = \delta Q + \delta q = 0{,}02 \text{ гр.}$$

Относительныя ошибки результата:

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(r) = \frac{\delta r}{R-r} = \frac{0{,}02}{41{,}47} = 0{,}00048,$$

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(R) = \pm\left(\frac{\delta R}{R} - \frac{\delta R}{R-r}\right) = \pm\left(\frac{0{,}02}{36{,}80} - \frac{0{,}02}{41{,}47}\right) = 0{,}00006.$$

Полная относительная погрѣшность результата:

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta} = 0{,}00048 + 0{,}00006 = 0{,}00054.$$

Примѣръ 4. Опредѣленіе относительной плотности жидкаго тѣла (раствора цинковаго купороса) при помощи пикнометра [1]).

$$\Delta = \frac{q_1 - p}{q - p};$$

$$q_1 = 32{,}043 \text{ гр.}, \quad q = 30{,}543 \text{ гр.}, \quad p = 19{,}598 \text{ гр.}$$
$$\delta p = \delta q = \delta q_1 = 0{,}005 \text{ гр.}$$

Попрежнему находимъ:

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(q_1) = \frac{\delta q_1}{q_1 - p} = \frac{0{,}005}{12{,}445} = 0{,}0004,$$

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(q) = \frac{\delta q}{q - p} = \frac{0{,}005}{10{,}945} = 0{,}00045,$$

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta}(p) = \pm\left(\frac{\delta p}{q_1 - p} - \frac{\delta p}{q - p}\right) = \pm\left(\frac{0{,}005}{12{,}445} - \frac{0{,}005}{10{,}945}\right) = 0{,}00005,$$

$$\frac{\delta\Delta}{\Delta} = 0{,}0004 + 0{,}00045 + 0{,}00005 = 0{,}0009.$$

Разобранные выше способы даютъ возможность находить максимальныя погрѣшности результата съ такой-же

[1]) „Физическое Обозрѣніе", 1910 г., стр. 253.

точностью, какъ путемъ дифференцированія, но проще и быстрѣе. Поэтому знакомство съ этими способами можетъ, какъ намъ кажется, имѣть значеніе и для преподавателя, ведущаго практическія занятія по физикѣ.

Для учениковъ, участвующихъ въ работахъ, знакомство съ основами тѣхъ пріемовъ, которые даютъ возможность опредѣлять ошибки наблюденій и учитывать ихъ вліяніе на окончательный результатъ, несомнѣнно, должно имѣть весьма существенное значеніе. Однако, по нашему убѣжденію, нѣтъ никакой возможности настаивать на томъ, чтобы даже наиболѣе элементарныя и простѣйшія соображенія, касающіяся этого вопроса, подобныя изложеннымъ въ нашихъ замѣткахъ, были всѣ усвоены каждымъ ученикомъ. Чѣмъ больше учащіеся будутъ введены въ эту область, тѣмъ, разумѣется, лучше, но только самъ учитель, ведущій занятія, соображаясь съ уровнемъ знаній и развитія класса и съ количествомъ времени, удѣленнаго для работъ, можетъ опредѣлить, какіе изъ этихъ вопросовъ съ пользою для дѣла можно разработать съ учениками.

В. К. Роше.

Кіевъ.

---

14. Измѣреніе коэффиціента расширенія воздуха.

Теорія. Расширеніе газовъ можно изучать при различныхъ условіяхъ: при постоянномъ объемѣ газа, при постоянномъ давленіи, при перемѣнномъ объемѣ и перемѣнномъ давленіи, какъ это показалъ Реньо, и какъ это видно изъ уравненія Маріотта—Гей-Люссака, согласно которому для данной массы газа

$$\frac{v_1 p_1}{1+\alpha t_1} = \frac{v_2 p_2}{1+\alpha t_2}, \qquad (1)$$

если v_1, p_1 суть объемъ и давленіе газа при температурѣ t_1, а v_2, p_2—объемъ и давленіе того же газа при температурѣ t_2.

Изъ трехъ указанныхъ способовъ измѣренія коэффиціентовъ расширенія наибольшее распространеніе получилъ первый, по которому въ ур. (1) нужно считать $v_1 = v_2 = \text{const}$. Въ такомъ случаѣ искомый коэффиціентъ

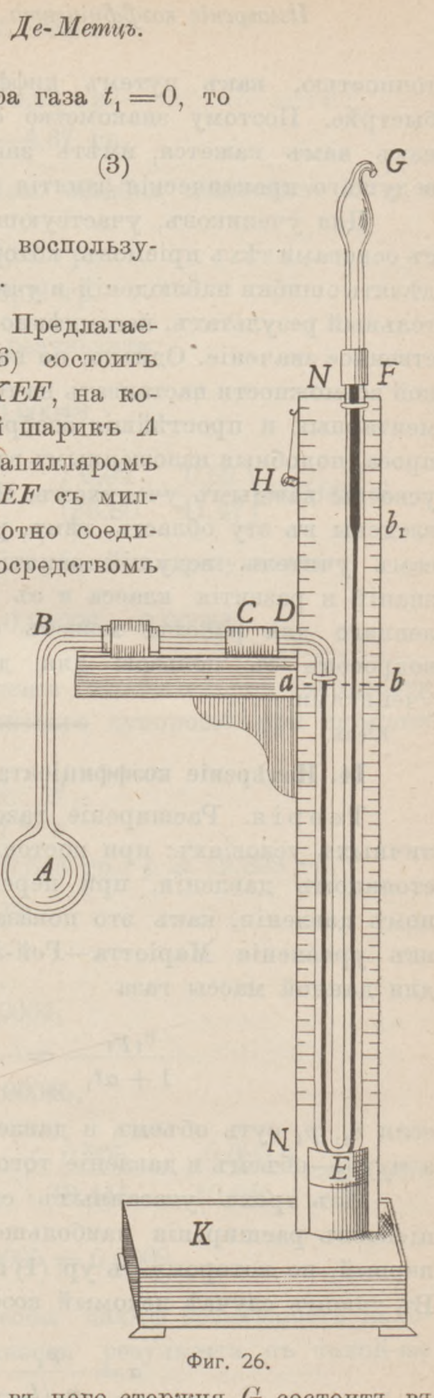
$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_1 (t_2 - t_1)}, \qquad (2)$$

а если начальная температура газа $t_1 = 0$, то

$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_1 t_2}. \qquad (3)$$

Въ дальнѣйшемъ мы и воспользуемся именно этою формулою.

Описаніе прибора. Предлагаемый нами приборъ (фиг. 26) состоитъ изъ деревянной подставки *KEF*, на которой укрѣпленъ стеклянный шарикъ *A* съ припаяннымъ къ нему капилляромъ *BC* и ртутный манометръ *DEF* съ миллиметровою шкалою *NN*, плотно соединенный съ капилляромъ *BC* посредствомъ кусочка прочной каучуковой трубки *CD*.



Фиг. 26.

Манометръ *DEF* устроенъ изъ двухъ стеклянныхъ трубокъ съ различными внутренними діаметрами. Все лѣвое его колѣно *DE* и нижняя часть праваго *Eb* сдѣланы изъ трубки съ внутреннимъ діаметромъ въ 2 мм., а верхняя, открытая часть праваго колѣна *bF*—изъ трубки съ діаметромъ въ 6 мм. Въ широкій каналъ плотно входитъ особый стеклянный стержень *G* съ сквознымъ внутреннимъ каналомъ въ 2 мм. въ діаметрѣ и съ расширеніемъ *G* на концѣ. Назначеніе описаннаго сейчасъ расширеннаго канала манометра и плотно входящаго въ него стержня *G* состоитъ въ

томъ, чтобы при погруженіи стержня въ широкій каналъ, наполненный ртутью, уровень ея поднимался въ обоихъ колѣнахъ до желаемой высоты. Обыкновенно предѣломъ такого подъема служитъ мѣтка *a* на лѣвомъ колѣнѣ манометра, или соотвѣтствующее ей дѣленіе на шкалѣ *NN*, такъ какъ по условію задачи объемъ газа долженъ оставаться постояннымъ, $v_1 = v_2 = \text{const}$. Длина стержня *G* и величина расширеннаго канала разсчитаны въ этомъ приборѣ такъ, чтобы уровень ртути въ лѣвомъ колѣнѣ легко приводился къ мѣткѣ *a* при погруженіи шарика *A* и въ тающій ледъ, и въ кипящую воду.

Отсчетъ высоты уровня ртути въ открытомъ колѣнѣ манометра всегда дѣлается по занимаемому ею положенію въ узкомъ каналѣ стержня *G*; этотъ уровень стоитъ выше уровня остальной ртути въ широкомъ колѣнѣ манометра, и потому отсчетъ его высоты дѣлается легко.

Когда приборъ не работаетъ, стержень *G* вынимается прочь и прячется въ особое углубленіе сзади шкалы *NN*, а широкое отверстіе манометра *F* закрывается пробкою *H* для сохраненія ртути въ чистотѣ и прибора въ исправности.

Установка прибора. Этотъ приборъ устанавливается легко и просто. Прежде всего чистятся и сушатся стеклянныя его части, а затѣмъ манометръ наполняется сухою и чистою ртутью. Наполненіе манометра дѣлается въ два—три пріема съ такимъ разсчетомъ, чтобы впослѣдствіи перемѣщеніемъ стержня *G* ртуть приводилась въ лѣвомъ колѣнѣ къ мѣткѣ *a*, какъ при температурѣ тающаго льда, такъ и при температурѣ кипящей воды. При каждомъ приливаніи ртути капилляръ и манометръ разъединяются въ мѣстѣ ихъ соединенія *CD*. Новое соединеніе этихъ частей между собою лучше всего производить послѣ того, какъ шарикъ *A* и заключенный въ немъ воздухъ достаточно охладятся въ тающемъ льдѣ. Двухъ—трехъ пробъ вполнѣ достаточно, и затѣмъ остается лишь записать разъ навсегда соотвѣтственное показаніе уровней манометра по шкалѣ *NN*.

Когда манометръ наполненъ надлежащимъ образомъ, то остается лишь тщательно соединить капилляръ *C* съ концомъ манометра *D*, дабы воздухъ, заключенный въ шарикѣ, не просачивался наружу. Съ этою цѣлью полезно концы

стеклянныхъ трубокъ, на которыя натягивается каучуковая трубка, немного смазать липкимъ воскомъ.

Размѣры прибора: діаметръ шарика равенъ 6 см., высота *FE* манометра около 60 см., высота мѣтки *a* отъ изгиба *E* около 30 см., длина подвижнаго стержня около 26 см.

Опытъ. Опытъ состоитъ въ томъ, что сначала шарикъ *A* погружаютъ въ сосудъ и засыпаютъ его мелко истолченнымъ льдомъ; когда воздухъ, заключенный въ шарикѣ, приметъ постоянную температуру $t_1 = 0^0$, то подвижный стержень *G* перемѣщаютъ до тѣхъ поръ, пока уровень ртути въ лѣвомъ колѣнѣ манометра не станетъ противъ мѣтки *a*, и дѣлаютъ отсчеты обоихъ уровней по шкалѣ *NN*. Для большей точности полезно въ это время сдѣлать нѣсколько установокъ и соотвѣтственное число отсчетовъ.

Послѣ этого шарикъ *A* помѣщаютъ въ сосудъ съ водою, которую постепенно подогрѣваютъ и доводятъ до кипѣнія; температуру кипѣнія t_2 измѣряютъ термометромъ, погруженнымъ въ кипящую воду. Когда воздухъ въ шарикѣ *A* приметъ постоянную температуру t_2, то подвижный стержень *G* опять перемѣщаютъ до тѣхъ поръ, пока уровень ртути въ лѣвомъ колѣнѣ манометра не станетъ противъ мѣтки *a*, и дѣлаютъ новые отсчеты обоихъ уровней по шкалѣ *NN*. Такъ какъ явленіе очень устойчиво, то и здѣсь легко сдѣлать нѣсколько отсчетовъ.

По окончаніи этого опыта нужно вытащить стержень *G* изъ открытаго колѣна манометра, дабы при охлажденіи воздуха въ шарикѣ *A* туда не втянулась ртуть изъ манометра.

Наконецъ, при помощи барометра измѣряютъ атмосферное давленіе *h*, такъ какъ испытуемый воздухъ въ шарикѣ *A* находится подъ давленіемъ атмосферы и ртутнаго столба въ манометрѣ.

Примѣръ. Атмосферное давленіе $h = 741$ мм. при $22{,}6^0$ C; высота мѣтки *a* равна 300 мм. по шкалѣ *NN*; при $t_1 = 0^0$ уровень ртути въ лѣвомъ колѣнѣ стоитъ на дѣленіи 300, а въ правомъ на дѣленіи 274, слѣдовательно $p_1 = 741 - (300 - 274) = 741 - 26 = 715$ мм.; при $t_2 = 99{,}2^0$ C. уровень ртути въ лѣвомъ колѣнѣ стоитъ опять на дѣленіи 300, а въ правомъ на дѣленіи 534, слѣдовательно

$p_2 = 741 + (534 - 300) = 741 + 234 = 975$ мм. Такимъ образомъ, согласно ур. (3)

$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_1\, t_2} = \frac{975 - 715}{715\,.\,99{,}2} = \frac{260}{70928} = 0{,}00366.$$

Въ этомъ примѣрѣ не сдѣлано приведенія высоты барометра и обѣихъ высотъ манометра къ температурѣ нуля, такъ какъ оно не оказываетъ вліянія на результатъ, если температура ртути въ барометрѣ и манометрѣ одна и та-же.

Максимальная ошибка. При вычисленіи максимальной погрѣшности полученнаго результата слѣдуетъ обратить вниманіе на то, что $p_2 = h + h_2$ и $p_1 = h + h_1$, гдѣ h есть барометрическое давленіе въ моментъ производства опыта, h_2—разность высотъ ртути въ правомъ и лѣвомъ колѣнахъ манометра при температурѣ t_2, а h_1—та-же разность при температурѣ 0^0. Вслѣдствіе этого

$$\alpha = \frac{h + h_2 - (h + h_1)}{(h + h_1)\, t_2} = \frac{h_2 - h_1}{(h + h_1)\, t_2}. \qquad (4)$$

Если отсчеты величины h, h_1, h_2 сдѣланы до 0,2 мм., а температура t_2— до $0{,}1^0$ С., то при $h = 741$ мм., $h_2 = 234$ мм., $h_1 = -26$ мм. и $t_2 = 99{,}2^0$ С. относительныя ошибки искомаго коэффиціента α будутъ слѣдующія [1]):

$$\frac{\delta h_2}{h_2 - h_1} = \frac{0{,}2}{260} = 0{,}0008;$$

$$\frac{\delta h_1}{h_2 - h_1} = \frac{0{,}2}{260} = 0{,}0008;$$

$$\frac{\delta h}{h + h_1} = \frac{0{,}2}{715} = 0{,}0003;$$

$$\frac{\delta h_1}{h + h_1} = \frac{0{,}2}{715} = 0{,}0003;$$

$$\frac{\delta t_2}{t_2} = \frac{0{,}1}{99{,}2} = 0{,}0010.$$

---

[1]) См. В. К. Роше. Вліяніе погрѣшностей на результатъ. „Физическое Обозрѣніе", 1911, стр. 317.

Отсюда видно, что сумма всѣхъ ошибокъ при данномъ измѣреніи α достигаетъ величины

$$\Sigma\Delta = 0{,}0008 + 0{,}0008 + 0{,}0003 + 0{,}0003 + 0{,}0010 = 0{,}0032, \text{ т. е. } 0{,}3\%.$$

Сравнивая полученное нами число съ табличнымъ, мы въ самомъ дѣлѣ видимъ полное ихъ согласіе.

Описанный здѣсь приборъ сдѣланъ по моимъ указаніямъ въ мастерской В. Усенко (Кіевъ, Фундуклеевская, 5); онъ стоитъ 6 руб. безъ ртути. *Г. Де-Метцъ.*

Кіевъ.

---

15. Опредѣленіе удѣльной теплоты тѣлъ по способу смѣшенія.

1. Съ точностью, вполнѣ достаточной для нашей цѣли, удѣльная теплота x какого-нибудь тѣла можетъ быть найдена по формулѣ

$$x = \frac{(M + m_1 c)\,(\theta - t_0)}{m\,(t - \theta)},$$

выведенной въ томъ предположеніи, что теплота, теряемая тѣломъ при погруженіи его въ воду калориметра, расходуется исключительно на нагрѣваніе этой воды и самаго калориметра. Въ этой формулѣ M — масса воды въ калориметрѣ, m — масса тѣла, m_1 и c — масса и удѣльная теплота вещества калориметра, t_0 — первоначальная температура воды, t — первоначальная температура нагрѣтаго тѣла и θ — окончательная общая температура воды и тѣла. Произведеніе $m_1 c$, входящее въ эту формулу, представляетъ постоянную для даннаго калориметра величину и называется водянымъ эквивалентомъ калориметра, такъ какъ можетъ быть истолковано, какъ масса воды, поглощающая при нагрѣваніи на 1° С. столько же калорій, сколько и данный калориметръ. Обозначая водяной эквивалентъ калориметра чрезъ q, получимъ:

$$x = \frac{(M + q)\,(\theta - t_0)}{m\,(t - \theta)}. \qquad (1)$$

2. Порядокъ работы:

1) Положивъ на одну изъ чашекъ вѣсовъ широкую пробирку, тарируютъ ее, а затѣмъ помѣщаютъ въ нее испытуемое тѣло въ видѣ дроби. Опредѣливъ массу m этого тѣла, вставляютъ въ пробирку термометръ съ дѣленіями въ 1^0 такъ, чтобы шарикъ его былъ по возможности равномѣрно окруженъ дробью.

2) Закрывъ горлышко пробирки ватой, опускаютъ ее въ широкій химическій стаканъ съ водой и нагрѣваютъ послѣднюю до тѣхъ поръ, пока температура испытуемаго тѣла не достигнетъ температуры кипѣнія воды при условіяхъ опыта или немногимъ будетъ отъ нея отличаться. Не мѣшаетъ время отъ времени пробирку встряхивать для достиженія равномѣрнаго нагрѣванія тѣла по всей его массѣ.

3) Опредѣляютъ массу m_1 калориметра и вливаютъ въ него M гр. воды, температура которой должна быть настолько ниже комнатной температуры, насколько на основаніи предварительныхъ вычисленій или измѣреній ожидаютъ получить ее выше той же температуры въ концѣ опыта.

4) Поставивъ далѣе калориметръ на какой нибудь дурной проводникъ тепла, поодаль отъ горѣлки, опредѣляютъ температуру t_0 воды въ калориметрѣ съ оцѣнкою до $0{,}1^0$ C. Это опредѣленіе слѣдуетъ производить какъ разъ предъ тѣмъ, какъ тѣло опускаютъ въ калориметръ.

5) Замѣтивъ, наконецъ, температуру нагрѣтаго тѣла t, вынимаютъ изъ пробирки термометръ и вату, а затѣмъ быстро высыпаютъ содержимое ея въ калориметръ. Непрерывно перемѣшивая воду калориметра термометромъ, внимательно слѣдятъ за повышеніемъ ея температуры. Наивысшая изъ наблюденныхъ при этомъ температуръ и есть окончательная общая температура Θ—воды и тѣла.

3. Примѣръ. Опредѣлить удѣльную теплоту стекла.

Необходимые приборы: калориметръ, вѣсы, термометръ съ дѣленіями въ $0{,}1^0$ C., термометръ съ дѣленіями въ 1^0, широкая пробирка, химическій стаканъ въ 600 куб. см., горѣлка, треножникъ съ сѣткой, стеклянная дробь (оплавленные кусочки стеклянной палочки длиной около 1 см.), сосудъ съ холодной водой.

Результаты нѣсколькихъ опытовъ представлены въ слѣдующей таблицѣ:

M	q	m	t	t_0	Θ	x
298,51	9,68	79,55	99	15,0	19,1	0,1987
299,73	"	"	"	15,4	19,5	0,2005
147,54	"	80,37	"	16,6	24,4	0,2045
115,40	"	50,02	"	14,2	20,1	0,1865
200,12	"	83,82	"	13,8	19,8	0,1896
				Среднее . . .		0,1959

4. **Максимальная ошибка.** Опредѣлимъ теперь максимальную погрѣшность отдѣльнаго наблюденія (перваго). Для этого воспользуемся формулой [1]):

$$\frac{\delta x}{x} = \frac{\delta x}{x}(M) + \frac{\delta x}{x}(q) + \frac{\delta x}{x}(\Theta) + \frac{\delta x}{x}(t_0) +$$

$$+ \frac{\delta x}{x}(m) + \frac{\delta x}{x}(t),$$

въ которой $\frac{\delta x}{x}(M)$, $\frac{\delta x}{x}(q)$ и т. д. представляютъ погрѣшности результата въ зависимости отъ погрѣшностей величинъ M, q и т. д.

Такъ какъ

$$\frac{\delta x}{x}(M) = \frac{\delta M}{M+q} = \frac{0{,}01}{308{,}19} = 0{,}00003;$$

$$\frac{\delta x}{x}(q) = \frac{\delta q}{M+q} = \frac{0{,}01}{308{,}19} = 0{,}00003;$$

$$\frac{\delta x}{x}(\Theta) = \frac{\delta \Theta}{\Theta - t_0} + \frac{\delta \Theta}{t - \Theta} = \frac{0{,}1}{4{,}1} + \frac{0{,}1}{79{,}9} = 0{,}025;$$

[1]) См. статью В. К. Роше. Вліяніе погрѣшности на результатъ, стр. 317.

$$\frac{\delta x}{x}(t_0) = \frac{\delta t_0}{\Theta - t_0} = \frac{0,1}{4,1} = 0,024;$$

$$\frac{\delta x}{x}(t) = \frac{\delta t}{t - \Theta} = \frac{.1}{79,9} = 0,013;$$

$$\frac{\delta x}{x}(m) = \frac{\delta m}{m} = \frac{0,01}{79,57} = 0,0001;$$

то $\frac{\delta x}{x} = 0,00003 + 0,00003 + 0,025 + 0,024 + 0,013 +$

$$+ 0,0001 = 0,06216$$

т. е. максимальная погрѣшность менѣе 7% измѣряемой величины, а потому въ результатѣ слѣдуетъ ограничиться двумя десятичными знаками: $x = 0,20$. Къ такому же выводу приводитъ и сравненіе средней ариѳметической пяти найденныхъ значеній x съ отдѣльными его значеніями.

Изъ разсмотрѣнія относительныхъ ошибокъ величинъ, входящихъ въ формулу (1), видно, что наибольшее вліяніе на результатъ имѣютъ величины t_0 и Θ, а потому онѣ и должны быть измѣрены особенно тщательно.

Кіевъ. *С. Слѣсаревскій.*

---

16. Опредѣленіе скрытой теплоты таянія льда.

1. Скрытая теплота таянія льда x съ достаточной точностью опредѣляется по формулѣ

$$x = \frac{(M + q)(t_0 - \Theta)}{m} - \Theta, \tag{1}$$

гдѣ M — масса воды въ калориметрѣ, m — масса льда, q — водяной эквивалентъ калориметра, t_0 и Θ — первоначальная и окончательная температуры воды.

2. Порядокъ работы:

1) Опредѣляютъ водяной эквивалентъ q калориметра.

2) Помѣстивъ въ калориметръ термометръ, взвѣшиваютъ ихъ (или тарируютъ) и вливаютъ въ калориметръ M гр. воды, температура которой должна быть на 5—10° выше комнатной.

3) Ставятъ калориметръ на подставку изъ дурного проводника тепла и опредѣляютъ температуру налитой въ него воды t^0 съ оцѣнкою до 0,1° С.

4) Тотчасъ же послѣ этого, не разбрызгивая воды, опускаютъ въ калориметръ куски льда, величиною въ грецкій орѣхъ, обтеревъ ихъ предварительно отъ воды пропускною бумагой. Масса льда m должна быть такова, чтобы окончательная температура воды θ была приблизительно настолько ниже комнатной температуры T, насколько первоначальная t_0—выше ея.

5) Непрерывно перемѣшивая воду термометромъ, внимательно слѣдятъ за пониженіемъ ея температуры. Низшая изъ наблюденныхъ температуръ и есть θ.

6) Помѣстивъ вторично калориметръ на чашку вѣсовъ, опредѣляютъ, насколько увеличилась его масса отъ прибавленія льда. Этотъ избытокъ представитъ массу льда m.

3. Необходимыя принадлежности: калориметръ, вѣсы, термометръ съ дѣленіями въ 0,1° С., ледъ, пропускная бумага, теплая вода.

4. Результаты нѣсколькихъ опытовъ представлены въ слѣдующей таблицѣ:

M	q	m	t_0	θ	x
275,35	9,68	61,37	27,5	8,6	79,18
398,60	„	126,80	30,2	4,7	77,41
166,10	„	17,3	20,0	11,2	78,21
198,35	„	38,25	25,6	9,4	78,76
			Среднее . . .		78,39

5. Максимальная ошибка. Для нахожденія максимальной погрѣшности результата представимъ формулу (1) въ видѣ

$$x = r - \theta,$$

гдѣ

$$r = \frac{(M+q)(t_0 - \Theta)}{m}.$$

Въ такомъ случаѣ

$$\frac{\delta x}{x} = \frac{\delta r + \delta\Theta}{r - \Theta} = \frac{\frac{\delta r}{r} \cdot r + \frac{\delta\Theta}{\Theta} \cdot \Theta}{r - \Theta}.$$

Для перваго изъ наблюденій находимъ

$$\frac{\delta r}{r} = \frac{\delta M}{M+q} + \frac{\delta q}{M+q} + \frac{\delta t_0}{t_0 - \Theta} + \frac{\delta\Theta}{t_0 - \Theta} + \frac{\delta m}{m} =$$

$$= \frac{0,01}{285,03} + \frac{0,01}{285,03} + \frac{0,1}{18,9} + \frac{0,1}{18,9} + \frac{0,01}{61,37} =$$

$$= 0,00004 + 0,00004 + 0,0053 + 0,0053 + 0,0002 = 0,01088.$$

Слѣдовательно,

$$\frac{\delta r}{r} \cdot r = 0,96\,; \quad \frac{\delta\Theta}{\Theta} \cdot \Theta = 0,1 \text{ и } \frac{\delta x}{x} = 0,013,$$

т. е. максимальная ошибка менѣе 2%, а потому въ результатѣ мы ограничиваемся лишь двумя цифрами и пишемъ:

$$x = 78.$$

Къ такому же выводу приводитъ сравненіе средней ариѳметической четырехъ значеній x съ отдѣльными его значеніями.

Какъ и въ предыдущей работѣ, наибольшее вліяніе на результатъ оказываютъ величины t_0 и Θ, а потому на ихъ тщательное опредѣленіе и должно быть обращено главное вниманіе. *С. Слѣсаревскій.*

Кіевъ.

Библіографія.

8. *Ив. Глинка.* Опытъ по методикѣ физики. Лабораторные уроки въ средней школѣ. Изд. „Образованія" С.-П.-Б. 1911 г. 148 стр. Ц. 70 коп.

За послѣднее время за границей получилъ извѣстное распространеніе „методъ лабораторныхъ уроковъ" или „ме-

тодъ классного экспериментированія учениковъ", при которомъ обычное классное преподаваніе въ значительной мѣрѣ замѣняется самостоятельными работами учащихся въ физической лабораторіи или физическомъ классѣ, если послѣдній приспособленъ.

Этотъ методъ авторъ книги осуществилъ въ условіяхъ русской казенной школы и съ результатами своего двухлѣтняго опыта знакомитъ читателя.

Затронутыми вопросами, тѣмъ освѣщеніемъ, которое имъ дано, и тѣми конкретными данными, которыя авторъ приводитъ, какъ результатъ своего опыта, книга Глинки возбуждаетъ глубокій интересъ.

Самый курсъ физики авторъ раздѣляетъ на два концентра. Правда, системы полныхъ концентровъ онъ не проходитъ, а придерживается промежуточнаго типа, при которомъ первый концентръ, или вѣрнѣе первая ступень, не захватываетъ всѣхъ отдѣловъ, а включаетъ лишь наиболѣе основные вопросы изъ гидростатики, аэростатики и калориметріи, причемъ простѣйшія механическія понятія развиваются попутно. Такимъ образомъ составляющая курсъ VI класса гимназіи младшая ступень носитъ пропедевтическій характеръ и является методическимъ введеніемъ въ курсъ физики.

Я думаю, что авторъ правъ, отказавшись отъ системы полныхъ концентровъ, такъ какъ осуществить послѣднюю при настоящихъ условіяхъ въ гимназіи, когда физика проходится въ теченіе 3-хъ лѣтъ при 10 урокахъ, не представляется возможнымъ. Въ школахъ Германіи и Франціи, проводя систему полныхъ концентровъ, имѣютъ въ распоряженіи 4 – 5 лѣтъ.

Книга касается только первой ступени, которую авторъ и проводитъ по „методу лабораторныхъ уроковъ".

Давая принципіальное обоснованіе „методу лабораторныхъ уроковъ" авторъ говоритъ: „необходимо всѣхъ учениковъ въ началѣ же обученія ввести въ лабораторію; здѣсь, а не въ физическомъ классѣ, съ методически разработаннаго и органически связаннаго съ курсомъ самостоятельнаго эксперимента учащіеся должны начинать изученіе физики". Еще дальше авторъ подробнѣе развиваетъ ту же мысль: „я пришелъ къ мысли построить этотъ курсъ на самостоятельныхъ лабораторныхъ работахъ учащихся, но при томъ такъ, чтобы работы эти не были дополненіемъ къ курсу и

не шли параллельно съ нимъ, а составляли самую его сущность. Чтобы данныя этихъ работъ представляли тотъ именно матеріалъ, обсужденіе котораго приводило-бы учениковъ самихъ къ основнымъ понятіямъ и положеніямъ курса. При такой постановкѣ дѣла нѣтъ уже мѣста вопросу объ обязательности или необязательности лабораторныхъ работъ; онѣ, конечно, обязательны, насколько обязателенъ въ школѣ и самый курсъ физики".

Мнѣ думается, что трудно спорить съ очевидностью тѣхъ положеній, которыя заключаются въ приведенныхъ словахъ. Если „методъ лабораторныхъ уроковъ" вообще представляетъ извѣстныя преимущества передъ обычными практическими занятіями, то особенно цѣннымъ и важнымъ онъ долженъ оказаться на первыхъ шагахъ изученія физики.

Вообще первая часть книги написана авторомъ съ большимъ подъемомъ и до конца читается съ неослабѣвающимъ интересомъ.

Вторая часть книги подробно знакомитъ читателя съ содержаніемъ курса и характеромъ его проведенія. Курсъ слагается изъ 44-хъ работъ, изъ которыхъ 16 приходятся на „общія свойства", 9 на „жидкости и газы" и 19 на „калориметрію". Всѣ занятія авторъ ведетъ одинъ, имѣя въ распоряженіи классъ въ 30 и болѣе человѣкъ. Работы идутъ съ простѣйшими приборами и въ очень скромной обстановкѣ.

Позволяю себѣ высказать нѣсколько соображеній по поводу второй части.

Чтобы проработать матеріалъ, предложенный авторомъ для курса VI класса, по „методу лабораторныхъ уроковъ", требуется значительное время. Въ теченіе одного года при многолюдныхъ классахъ далеко не всегда удастся пройти весь курсъ до конца, или придется нѣкоторыя части курса пройти на спѣхъ.

Можно, конечно, сохранить число самостоятельныхъ работъ тѣмъ болѣе, что нѣкоторыя изъ работъ мнѣ представляются какъ по техникѣ, такъ и по идеѣ повтореніями предыдущихъ.

Но въ тѣхъ школахъ, гдѣ курсъ физики проходится въ теченіе 4-хъ лѣтъ, „методъ лабораторныхъ работъ" могъ-бы быть распространенъ и на второй годъ. Отдѣлъ теплоты получилъ-бы тогда законченность, что мнѣ представляется необходимымъ, да и другіе отдѣлы только-бы выиграли, пройдя черезъ „методъ лабораторныхъ уроковъ".

Авторъ даетъ мѣсто и графическому методу; но одного случая для его примѣненія, мнѣ думается, слишкомъ мало.

Нельзя, наконецъ, не остановиться и еще на одномъ обстоятельствѣ. Результаты во многихъ работахъ получаются очень неточные. Конечно, большая точность при работахъ въ средней школѣ не нужна; однако, получаемыя погрѣшности не должны быть настолько значительны, чтобы вызвать у учащихся разочарованіе. Едва ли допустимы, напр., результаты, получаемые для плотности воздуха при одномъ рядѣ наблюденій: 0,7 у однихъ, 2,5 у другихъ и 1,6 въ среднемъ. А подобные результаты встрѣчаются въ цѣломъ рядѣ работъ. Несомнѣнно, техника должна быть улучшена: объемы тѣлъ слѣдуетъ взять большіе, отъ вѣсовъ аптекарскихъ перейти къ вѣсамъ Роберваля и техническимъ, воздухъ изъ коихъ удалять насосами, а не нагрѣваніемъ и т. д.

Правда, стоимость всѣхъ приборовъ, необходимыхъ для проведенія „лабораторнаго метода", при этомъ значительно увеличивается противъ суммы въ 276 руб.,—на которую указываетъ авторъ. Но это увеличеніе необходимо, если вспомнить, что практическія занятія не ограничиваются однимъ классомъ, а продолжаются и дальше, все равно въ формѣ-ли „метода лабораторныхъ уроковъ", или, какъ болѣе цѣлесообразнымъ считаетъ авторъ, по обычной системѣ.

Но всѣ указанные недочеты легко устранимы и нисколько не умаляютъ достоинства книги Глинки.

Она цѣнна тѣмъ, что здѣсь впервые дается принципіальное обоснованіе „метода лабораторныхъ уроковъ". Читатель найдетъ въ книгѣ много глубоко продуманныхъ мыслей о назначеніи средней школы, много важныхъ замѣчаній относительно тѣхъ цѣлей и задачъ, которыя должна преслѣдовать физика, какъ учебный предметъ средней школы.

Книга еще цѣнна тѣмъ, что она даетъ опредѣленныя указанія, какъ можно въ нашей школѣ организовать практическія занятія по физикѣ и при томъ въ очень цѣлесообразной формѣ. Не производя никакой ломки, лишь съ затратою сравнительно небольшой суммы, каждый преподаватель физики могъ бы осуществить у себя нѣчто подобное тому, что видимъ у автора книги.

Остается лишь пожелать, чтобы книга Глинки нашла себѣ самое широкое распространеніе среди преподавателей физики.

П. Знаменскій.

С.-Петербургъ.



О. Миллеръ